



Sjöfartsverket

Sjöfartsverkets

INFORMATIONSBLAD

10/10.12.2008

ISKLASSFÖRESKRIFTER 2008

Sjöfartsverket har genom sitt beslut av den 8 december 2008 utfärdat isklassföreskrifter i enlighet med 4 § 1 mom. i lagen om fartygs isklasser och isbrytarassistans (1121/2005). Beslutet och de nya isklassföreskrifterna av år 2008 träder i kraft den 15 december 2008.

Föreskrifterna angående framdrivningsmaskineriet i punkt 6 i isklassföreskrifterna har helt och hållet förnyats.

Isklassföreskrifterna av år 2008 ska tillämpas på fartyg om vilkas byggande man har överenskommit den 1 januari 2010 eller senare. Föreskrifterna kan emellertid redan från den 15 december 2008 tillämpas på sådana fartyg om vilkas byggande man har överenskommit den 15 december 2008 eller senare.

Sjöfartsverkets beslut om isklassföreskrifter och tillämpning av dem samt isklassföreskrifterna av år 2008 återges bifogat.

Detta informationsblad finns också på engelska på webbadressen www.fma.fi

Sjösäkerhetsdirektör

Tuomas Routa

Sjöfartsöverinspektör

Jorma Kämäräinen

Ytterligare upplysningar:

Fartygstekniska enheten

Detta informationsblad
ersätter informationsblad:

13/1.10.2002
12/19.12.2006

Dnr 2530/30/2008
ISSN 1455-9056

Prenumeration
och försäljning:

Sjöfartsverket
Registratorskontoret
kirjaamo@fma.fi

Besöksadress
Porkalagatan 5
00180 Helsingfors

Postadress
PB 171
00181 Helsingfors

Telefon
020 4481

Fax
020 448 4355

SJÖFARTSVERKET**FÖRESKRIFT****Datum: 8.12.2008****Dnr: 2530/30/2008**

Innehåll: Isklassföreskrifter och tillämpning av dem

Normgivnings- Lag om fartygs isklasser och isbrytarassistans
bemyndigande: (1121/2005) 4 § 1 mom.

Giltighetstid: 15.12.2008 – tills vidare

SJÖFARTSVERKETS BESLUT OM ISKLASSFÖRESKRIFTER OCH TILLÄMPNING AV DEM

Givet i Helsingfors den 8 december 2008

Sjöfartsverket har med stöd av 4 § 1 mom. i lagen av den 22 december 2005 om fartygs isklasser och isbrytarassistans (1121/2005) beslutat:

1 §

Isklassföreskrifter av år 2008 och tillämpning av dem

Sjöfartsverket har utfärdat de i 4 § 1 mom. i lagen om fartygs isklasser och isbrytarassistans (1121/2005) avsedda närmare bestämmelserna (isklassföreskrifter 2008, som bifogas detta beslut) om kraven för de olika isklasserna angående fartygets konstruktion, maskineffekt och övriga isgångsegenskaper och om metoder för bestämmande av isklass samt om skillnaderna mellan de olika isklasserna.

Isklassföreskrifterna av år 2008 ska tillämpas på fartyg om vilkas byggande man har överenskommit den 1 januari 2010 eller senare.

Föreskrifterna i punkterna 1 (Allmänt) och 2 (Isklassdjupgående) i isklassföreskrifterna av år 2008 tillämpas på alla fartyg oberoende av deras byggnadstidpunkt.

2 §

Tillämpning av 2002 års isklassföreskrifter

På ett fartyg som har kölsträckts eller som har befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium den 1 september 2003 eller senare, men om vilkets byggande man har överenskommit före den 1 januari 2010, tillämpas Sjöfartsverkets isklassföreskrifter av år 2002 (20.9.2002 Dnr 5/30/2002) jämte senare ändringar.

Isklassföreskrifter av år 2008 kan emellertid tillämpas från den 15 december 2008 på sådana fartyg om vilkas byggande man har överenskommit den 15 december 2008 eller senare.

3 §

Tillämpning av 1985 års isklassbestämmelser

På ett fartyg som har kölsträckts eller som har befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium den 1 november 1986 eller senare, men före den 1 september 2003, tillämpas Sjöfartsstyrelsens bestämmelser angående fartygs hänförelse till skilda isavgiftsklasser av år 1985 jämte senare ändringar. På ett sådant fartyg kan på redarens begäran emellertid

även tillämpas de krav angående maskineffekten som ingår i Sjöfartsverkets isklassföreskrifter av år 2008.

Ett fartyg som hör till isklass IA Super eller IA och som har kölsträckts eller befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium före den 1 september 2003, ska ändå uppfylla kraven i punkt 3.2.2 i Sjöfartsverkets isklassföreskrifter av år 2008 senast den 1 januari det år då det har förflutit 20 år sedan fartyget levererades, beroende på vilket som inträffar senare.

4 §

Tillämpning av 1971 års isklassbestämmelser

På ett fartyg som har kölsträckts eller som har befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium före den 1 november 1986 tillämpas, beroende på fartygets ålder, kraven i bilaga I i Sjöfartsstyrelsens bestämmelser av år 1971 angående fartygs hänförande till skilda isavgiftsklasser (6.4.1971 Dnr 1260/71/307) eller kraven i beslutets 10 § jämte senare ändringar. På ett sådant fartyg kan på redarens begäran emellertid även tillämpas de krav angående maskineffekten som ingår i Sjöfartsstyrelsens bestämmelser angående fartygs hänförande till skilda isavgiftsklasser av år 1985 (2.9.1985 Dnr 2575/85/307) eller i Sjöfartsverkets isklassföreskrifter av år 2008.

Ett fartyg som hör till isklass IA Super eller IA och som har kölsträckts eller som har befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium före den 1 september 2003, ska ändå uppfylla kraven i punkt 3.2.2 i Sjöfartsverkets isklassföreskrifter av år 2008 senast den 1 januari det år då det har förflutit 20 år sedan fartyget levererades, beroende på vilket som inträffar senare.

5 §

Isklassdjupgåendena och den minsta maskineffekten anges i klassificeringscertifikatet

Det största och minsta isklassdjupgåendet förut, midskepps och akterut och den minsta maskineffekten som fordras för fartygets isklass ska anges i klassificeringscertifikatet.

6 §

Fartygets största djupgående då assistansbegränsningar är i kraft

Ett fartygs djupgående får inte överskrida det största tillåtna isklassdjupgåendet då fartyget går i trafik till eller från en finsk hamn där en assistansbegränsning införts som förutsätter att fartyget har minst isklass IC, IB, eller IA.

7 §

Ikraftträdande

Detta beslut och de bifogade isklassföreskrifterna av år 2008 träder i kraft den 15 december 2008.

Helsingfors den 8 december 2008

Generaldirektör

Markku Mylly

Sjösäkerhetsdirektör

Tuomas Routa

ISKLASSFÖRESKRIFTER 2008

Givna i Helsingfors den 8 december 2008 (Dnr 2530/30/2008)

INNEHÅLL

1	ALLMÄNT	4
1.1	Isklasser	4
2	ISKLASSDJUPGÅENDE	4
2.1	Övre och undre isvattenlinje	4
2.2	Största och minsta djupgående förut och akterut	4
3	MASKINEFFEKT	5
3.1	Definition av maskineffekt	5
3.2	Krav på maskineffekt för fartyg med isklass IA Super, IA, IB och IC	5
3.2.1	Definitioner	5
3.2.2	Nya fartyg	6
3.2.3	Existerande fartyg av isklass IB och IC	7
3.2.4	Existerande fartyg av isklass IA Super och IA	8
3.2.5	Andra metoder för bestämning av K_e eller R_{CH}	9
4	SKROVKONSTRUKTION	9
4.1	Allmänt	9
4.1.1	Områden	10
4.2	Isbelastning	10
4.2.1	Belastningsområdets höjd	10
4.2.2	Istryck	11
4.3	Bordläggning	12
4.3.1	Isförstärkningens (isbältets) vertikala utsträckning	12
4.3.2	Plåttjocklek i isbältet	12
4.4	Spant	14
4.4.1	Vertikal utsträckning av isförstärkningen	14
4.4.2	Tvärskeppsspant	14
4.4.2.1	Motståndsmoment	14
4.4.2.2	Övre ändan av tvärskeppsspant	15
4.4.2.3	Nedre ändan av tvärskeppsspant	16
4.4.3	Långskeppsspant	16
4.4.4	Allmänt om spantering	17
4.4.4.1	Fästandet av spanten till de stödjande konstruktionerna	17
4.4.4.2	Spanstens stöd för isklass IA Super och isklass IA i förskepps- och midskeppsområdet samt för isklass IB och IC i förskeppsområdets isförstärkta område	17
4.5	Isvägare	17
4.5.1	Vägare inom isbältet	17
4.5.2	Vägare utanför isbältet	18
4.5.3	Smala sidodäck	18

4.6 Ramspant	18
4.6.1 Belastning	18
4.6.2 Motståndsmoment och skjuvarea	19
4.6.3 Direkt spänningsberäkning	20
4.7 Förskepp	21
4.7.1 Förstäv	21
4.7.2 Arrangemang för bogsering	21
4.8 Akterskepp	22
4.9 Slingerkölar	22
5 RODER OCH STYRARRANGEMANG	22
6 FRAMDRIVNINGSMASKINERI	23
6.1 Omfattning	23
6.2 Beteckningar	23
6.3 Dimensionerande isförhållanden	27
6.4 Material	28
6.4.1 Material utsatt för havsvatten	28
6.4.2 Material utsatt för havsvattentemperatur	28
6.5 Beräkningslaster	28
6.5.1 Beräkningslaster på propellerblad	28
6.5.1.1 Maximal bakåtriktad bladkraft F_b för öppna propellrar	28
6.5.1.2 Maximal framåtriktad bladkraft F_f för öppna propellrar	29
6.5.1.3 Belastningsområde på bladet för öppna propellrar	29
6.5.1.4 Maximal bakåtriktad iskraft på bladen F_b för dyspropellrar	31
6.5.1.5 Maximal framåtriktad iskraft på bladen F_f för dyspropellrar	31
6.5.1.6 Belastningsområde på bladet för dyspropellrar	31
6.5.1.7 Maximalt vridmoment på bladspindeln Q_{smax} för öppna och dyspropellrar	32
6.5.1.8 Belastningsfördelningar för bladlaster	32
6.5.1.9 Antal isbelastningar	33
6.5.2 Axiella beräkningsbelastar för öppna och dyspropellrar	34
6.5.2.1 Maximalt istryck på propeller T_f och T_b för öppna och dyspropellrar	34
6.5.2.2 Dimensionerande istryck längs maskineriets axellinje för öppna och dyspropellrar	34
6.5.3 Beräkningslaster för torsion	35
6.5.3.1 Dimensionerande isdrivsmoment på propeller Q_{max} för öppna propellrar	35
6.5.3.2 Dimensionerande isdrivsmoment på propeller Q_{max} för dyspropellrar	35
6.5.3.3 Uppbyggnad av isvridmoment för öppna och dyspropellrar	36
6.5.3.4 Dimensionerande vridmoment längs propelleraxelns linje	37
6.5.4 Belastning vid bladhaveri	38
6.6 Konstruktion	38
6.6.1 Konstruktionsprincip	38
6.6.2 Propellerblad	38
6.6.2.1 Beräkning av bladpåkänningar	38
6.6.2.2 Acceptanskriterium	39
6.6.2.3 Utmattningsdimensionering av propellerblad	39
6.6.2.4 Acceptanskriterium för utmattning	41
6.6.3 Propellernav och CP-mekanism	42
6.6.4 Framdrivningssystemets axellinje	42
6.6.4.1 Axlar och axelkomponenter	42
6.6.5 Vridbara huvudthrustrar	42
6.6.6 Vibrationer	43

6.7 Alternativa konstruktionsmetoder	43
6.7.1 Omfattning	43
6.7.2 Belastning	43
6.7.3 Dimensioneringsnivåer	43
7 DIVERSE MASKINERIKRAV	44
7.1 Startarrangemang	44
7.2 Sjövattenintag och kylvattensystem	44
 Bilaga I	
Spannet för effektkraven (punkt 3.2.2 i föreskrifterna) för isklasserna IA Super, IA, IB och IC och verifiering av effektberäkningen	45
 Bilaga II	
Maskineffekten för ett fartyg med isklass IB eller IC vilket har kölsträckts eller befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium före 1 september 2003	47
 Bilaga III	
Markering av isklassdjupgående	48

1 ALLMÄNT

1.1 Isklasser

Enligt 3 § i lagen om fartygs isklasser och isbrytarassistans (1121/2005) hör fartyg till isklasser enligt följande:

1. till isklass IA Super fartyg vars konstruktion, maskineffekt och övriga egenskaper är sådana att de kan ta sig fram under svåra isförhållanden, i regel utan isbrytarassistans,
2. till isklass IA fartyg vars konstruktion, maskineffekt och övriga egenskaper är sådana att de kan ta sig fram under svåra isförhållanden, vid behov med isbrytarassistans,
3. till isklass IB fartyg vars konstruktion, maskineffekt och övriga egenskaper är sådana att de kan ta sig fram under medelsvåra isförhållanden, vid behov med isbrytar-assistans,
4. till isklass IC fartyg vars konstruktion, maskineffekt och övriga egenskaper är sådana att de kan ta sig fram under lätta isförhållanden, vid behov med isbrytarassistans,
5. till isklass II fartyg vars skrov är av stål och som är konstruerade för gång i högsjö och som trots att fartygen inte är förstärkta för gång i is med eget framdrivningsmaskineri kan ta sig fram under mycket lätta isförhållanden,
6. till isklass III fartyg som inte hör till någon av isklasserna i 1–5 punkten.

2 ISKLASSDJUPGÅENDE

2.1 Övre och undre isvattenlinje

Den övre isvattenlinjen (UIWL) är den högsta vattenlinje vid vilken fartyget avses kunna gå i is. Linjen kan vara bruten.

Den undre isvattenlinjen (LIWL) är den lägsta vattenlinje vid vilken fartyget avses kunna gå i is. Linjen kan vara bruten.

2.2 Största och minsta djupgåendet förut och akterut

Det största och minsta isklassdjupgåendet vid för- och akterperpendiklarna ska bestämmas enligt övre och undre isvattenlinjerna.

Djupgåendebegränsningar vid gång i is ska vara dokumenterade och finnas ombord lätt tillgängliga för fartygets befäl. Största och minsta isklassdjupgående förut, midskepps och akterut ska redovisas i klassificeringscertifikatet. Om fartyget är byggt den 1 juli 2007 eller senare gäller att, om sommarlastlinjen i färskvatten är högre belägen än UIWL, ska på vardera fartygssidan anbringas en varningstriangel och ett märke för isklassdjupgåendet på den linje som motsvarar det största tillåtna isklassdjupgåendet midskepps (se bilaga III). Fartyg byggda före den 1 juli 2007 ska förses med motsvarande markering, om UIWL är lägre än sommarlastlinjen. Detta ska ske senast vid första planerade torrdockning efter den 1 juli 2007.

Det djupgående och trim som begränsas av UIWL får inte överskridas då fartyget går i is. Vattnets salthalt längs den avsedda rutten ska beaktas då fartyget lastas.

Fartyget ska alltid vara nedlastat åtminstone till LIWL då det går i is. Varje barlasttank som är belägen ovanför LIWL och som behövs för att lasta ned fartyget till denna vattenlinje ska ha anordningar för att hindra vattnet att frysa. Då LIWL fastställs ska hänsyn tas till behovet att

garantera en skälig förmåga att gå i is i barlast. Propellern ska vara helt under vatten och om möjligt helt under isen. Djupgåendet förut ska vara minst:

$$(2 + 0.00025 \Delta) h_o \text{ [m]}, \text{ men behöver inte vara större än } 4h_o,$$

där

Δ är fartygets displacement [t] på största isklassdjupgåendet enligt 2.1

h_o är den jämna isens tjocklek [m] enligt 4.2.1.

3 MASKINEFFEKT

3.1 Definition av maskineffekt

Maskineffekten P är den högsta effekt framdrivningsmaskineriet kontinuerligt kan leverera till propellern/propellrar. Om maskineffekten begränsas med tekniska medel eller av någon bestämmelse som är tillämplig på fartyget, ska P tas som den begränsade effekten.

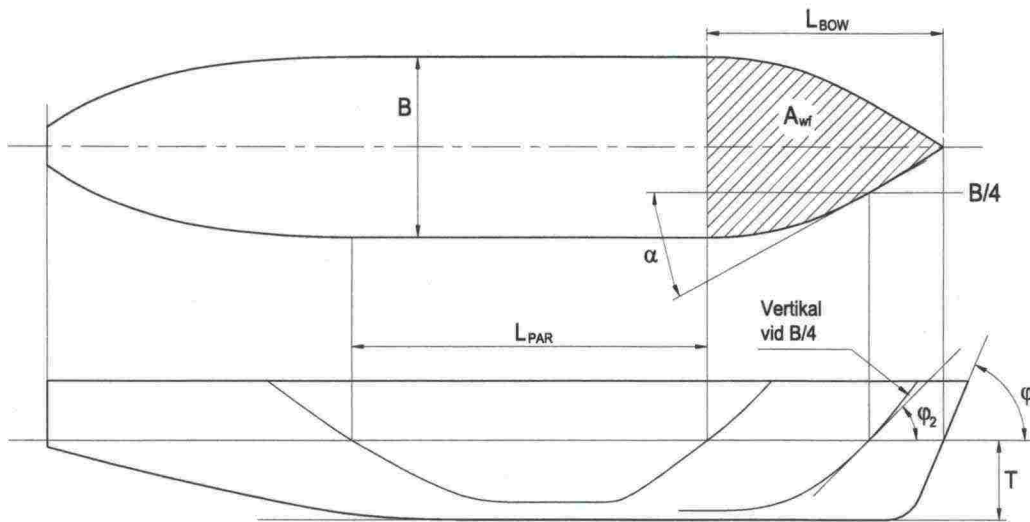
3.2 Krav på maskineffekt för fartyg med isklass IA Super, IA, IB och IC

Maskineffekten ska inte vara mindre än den som fås ur nedanstående formel och i ingen händelse mindre än 1000 kW för isklasserna IA, IB och IC och inte mindre än 2800 kW för isklass IA Super.

3.2.1 Definitioner

Definitionerna av fartygets dimensioner och andra parametrar framgår nedan:

L	m	fartygets längd mellan pendiklar
L_{BOW}	m	bogens längd
L_{PAR}	m	längd av parallell midskeppsdel
B	m	fartygets maximala bredd
T	m	isklassdjupgåenden enligt punkt 3.2.2
A_{wf}	m ²	bogens vattenlinjearea
α	grader	vattenlinjens öppningsvinkel vid $B/4$
φ_1	grader	stävinkeln i centerlinjen
φ_2	grader	vertikalens lutningsvinkel mot vattenlinjen vid $B/4$
D_P	m	propellerdiameter
H_M	m	tjocklek av krossis mitt i rännan
H_F	m	tjocklek av krossisbältet som bryts av bogen



Figur 3-1. Definition av skrovets geometriska storheter. Om fartyget har bulb, $\phi_1 = 90^\circ$

3.2.2 Nya fartyg

För att få isklass IA Super, IA, IB eller IC ska fartyg som har kölsträckts eller har befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium den 1 september 2003 eller senare uppfylla nedanstående krav avseende maskineffekt. Effektkravet ska beräknas för två djupgåenden. De djupgåenden vilka avses är det största isklassdjupgåendet LWL och det minsta isklassdjupgåendet BWL, definierade under punkt 2.2. De parametrar som är beroende av djupgåendet ska fastställas för motsvarande djupgående men L och B fastställs bara för det största djupgåendet. Maskineffekten får inte vara lägre än det större av dessa.

$$P = K_e \frac{(R_{CH} / 1000)^{3/2}}{D_p} \quad [\text{kW}], \quad (3.1)$$

där K_e bestäms enligt nedan:

Antal propellrar	CP eller elektriskt eller hydrauliskt maskineri	FP propeller
1 propeller	2.03	2.26
2 propellrar	1.44	1.60
3 propellrar	1.18	1.31

Dessa K_e -värden gäller för konventionella maskinerier. För att fastställa effektkravet för mer avancerade maskinerier kan också andra metoder användas (se punkt 3.2.4).

R_{CH} är fartygets motstånd i Newton i en bruten ränna med krossis (brash ice) och ett fruset toppskikt:

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3 C_\mu (H_F + H_M)^2 (B + C_\psi H_F) + C_4 L_{PAR} H_F^2 + C_5 \left(\frac{LT}{B^2} \right)^3 \frac{A_{wf}}{L}, \quad (3.2)$$

där

$$C_\mu = 0.15 \cos \varphi_2 + \sin \psi \sin \alpha, C_\mu \text{ är lika med eller större än } 0.45$$

$$C_\psi = 0.047 \cdot \psi - 2.115, \text{ och } C_\psi = 0 \text{ om } \psi \leq 45^\circ$$

$$H_F = 0.26 + (H_M B)^{0.5}$$

$$\begin{aligned} H_M &= 1.0 \text{ för isklasserna IA och IA Super} \\ &= 0.8 \text{ för isklass IB} \\ &= 0.6 \text{ för isklass IC} \end{aligned}$$

C_1 och C_2 är faktorer för det frusna toppskiktet i rännan och kan sättas till noll för isklasserna IA, IB och IC.

För isklass IA Super gäller:

$$C_1 = f_1 \frac{BL_{PAR}}{2 \frac{T}{B} + 1} + (1 + 0.021 \varphi_1) (f_2 B + f_3 L_{BOW} + f_4 BL_{BOW})$$

$$C_2 = (1 + 0.063 \varphi_1) (g_1 + g_2 B) + g_3 \left(1 + 1.2 \frac{T}{B} \right) \frac{B^2}{\sqrt{L}}$$

För fartyg med bulbstäv ska φ_1 vara 90° .

$f_1 = 23 \text{ N/m}^2$	$g_1 = 1530 \text{ N}$
$f_2 = 45.8 \text{ N/m}$	$g_2 = 170 \text{ N/m}$
$f_3 = 14.7 \text{ N/m}$	$g_3 = 400 \text{ N/m}^{1.5}$
$f_4 = 29 \text{ N/m}^2$	

$$C_3 = 845 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{)}$$

$$C_4 = 42 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{)}$$

$$C_5 = 825 \text{ kg/s}^2$$

$$\psi = \arctan \left(\frac{\tan \varphi_2}{\sin \alpha} \right)$$

$$\left(\frac{LT}{B^2} \right)^3 \text{ skall inte vara mindre än 5 eller större än 20.}$$

Mer information om formlernas giltighetsintervall återfinns i Bilaga I tillsammans med några exempel för att verifiera effektberäkningar. Om ett fartygs parametrar ligger utanför de intervall som redovisas i Tabell 1, Bilaga I, ska andra metoder användas för att fastställa R_{CH} enligt punkt 3.2.5.

3.2.3 Existerande fartyg av isklass IB eller IC

För att ett fartyg byggt enligt Sjöfartsstyrelsens isklassbestämmelser från 1985 (2.9.1985, Dnr 2575/85/307 jämte ändringar) ska behålla isklass IB eller IC, ska de i punkt 3.2.1 i Sjöfartsstyrelsens isklassbestämmelser från 1985 fastställda kraven på minsta tillåtna maskineffekt uppfyllas. Bestämmelserna angående isklass IB och IC i avsnitt 3.2.1 av isklassbestämmelserna 1985 återges i Bilaga II av dessa föreskrifter.

3.2.4 Existerande fartyg av isklass IA Super eller IA

För att erhålla isklass IA Super eller IA ska fartyg som har kölsträckts eller befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium före 1 september 2003 uppfylla kraven i punkt 3.2.2 senast vid följande datum:

- 1 januari 2005 eller
- 1 januari det år det har förflutit 20 år sedan fartyget levererades, beroende på vilket som inträffar sist.

För existerande fartyg kan det under vissa förhållanden vara svårt att fastställa de skrovparametrar som fordras för beräkningsmetoden i punkt 3.2.2. Under sådana omständigheter kan nedanstående alternativa formel tillämpas:

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3 (H_F + H_M)^2 (B + 0.658 H_F) + C_4 L H_F^2 + C_5 \left(\frac{LT}{B^2} \right)^3 \frac{B}{4}, \quad (3.3)$$

där för isklass IA C_1 och C_2 kan sättas till noll

För fartyg utan bulb med isklass IA Super gäller:

$$C_1 = f_1 \frac{BL}{2 \frac{T}{B} + 1} + 1.84 (f_2 B + f_3 L + f_4 BL)$$

$$C_2 = 3.52 (g_1 + g_2 B) + g_3 \left(1 + 1.2 \frac{T}{B} \right) \frac{B^2}{\sqrt{L}}$$

För fartyg med bulb och isklass IA Super gäller:

$$C_1 = f_1 \frac{BL}{2 \frac{T}{B} + 1} + 2.89 (f_2 B + f_3 L + f_4 BL)$$

$$C_2 = 6.67 (g_1 + g_2 B) + g_3 \left(1 + 1.2 \frac{T}{B} \right) \frac{B^2}{\sqrt{L}},$$

där

$f_1 = 10.3 \text{ N/m}^2$	$g_1 = 1530 \text{ N}$
$f_2 = 45.8 \text{ N/m}$	$g_2 = 170 \text{ N/m}$
$f_3 = 2.94 \text{ N/m}$	$g_3 = 400 \text{ N/m}^{1.5}$
$f_4 = 5.8 \text{ N/m}^2$	

$$C_3 = 460 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{)}$$

$$C_4 = 18.7 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{)}$$

$$C_5 = 825 \text{ kg/s}^2$$

$\left(\frac{LT}{B^2} \right)^3$ skall inte vara mindre än 5 eller större än 20.

3.2.5 Andra metoder för bestämning av K_e eller R_{CH}

För enskilda fartyg kan i stället för ovan i 3.2.2 och 3.2.3 fastställda R_e eller R_{CH} godkännas K_e -värden baserade på mer exakta beräkningar eller R_{CH} -värden baserade på ismodellförsök. Ett sådant godkännande medges under villkor att det kan omprövas om fartygets prestanda i praktiken motiverar detta.

Designkraven för respektive isklass är att fartyget ska kunna göra minst 5 knop i en ränna med krossis av följande beskaffenhet:

IA Super	$H_M = 1.0$ m och ett fruset toppskikt på 0.1 m
IA	= 1.0 m
IB	= 0.8 m
IC	= 0.6 m

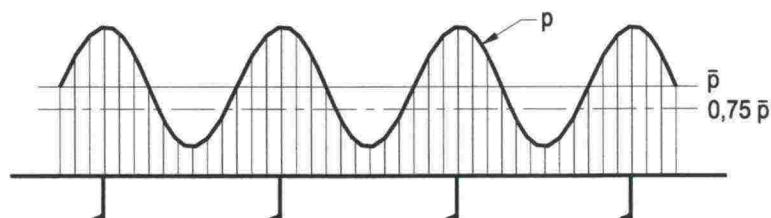
4 SKROVKONSTRUKTION

4.1 Allmänt

Metoden för bestämmandet av skrovdelarnas måttsättning är baserad på vissa antaganden om naturen av isbelastningen på konstruktionen. Dessa antaganden baserar sig på fullskaleobservationer i norra Östersjön.

Det har sålunda observerats att det lokala istrycket på små områden kan nå mycket höga värden. Detta tryck kan väl överskrida havsisens normala uniaxiella tryckhållfasthet. Förklaringen är att belastningen de facto är multiaxiell.

Vidare har det observerats att istrycket på ett spant kan vara högre än på plåten mitt emellan spanten. Förklaringen till detta är den olika böjstyvheten hos spant och bordläggningsplåt. Belastningsfördelningen antas vara som visat i figur 2.



Figur 4-1. Isbelastningsfördelning på fartygssidan

De formler och värden som ges i detta avsnitt för måttsättningen av skrovdelar kan ersättas med exaktare metoder om dessa godkänts av administrationen eller klassificeringssällskapet.

Om de materialdimensioner som fås enligt dessa regler är mindre än de som krävs av klassificeringssällskapet för ett icke förstärkt fartyg, ska de senare användas.

Spantdistanser och avstånd definierade i texten nedan antas normalt vara uppmätta i ett vertikalt plan parallellt med fartygets centerlinje. Om däremot fartygets sida avviker mer än 20° från detta plan, ska spantdistanser och avstånd mätas utmed fartygssidan.

4.1.1 Områden

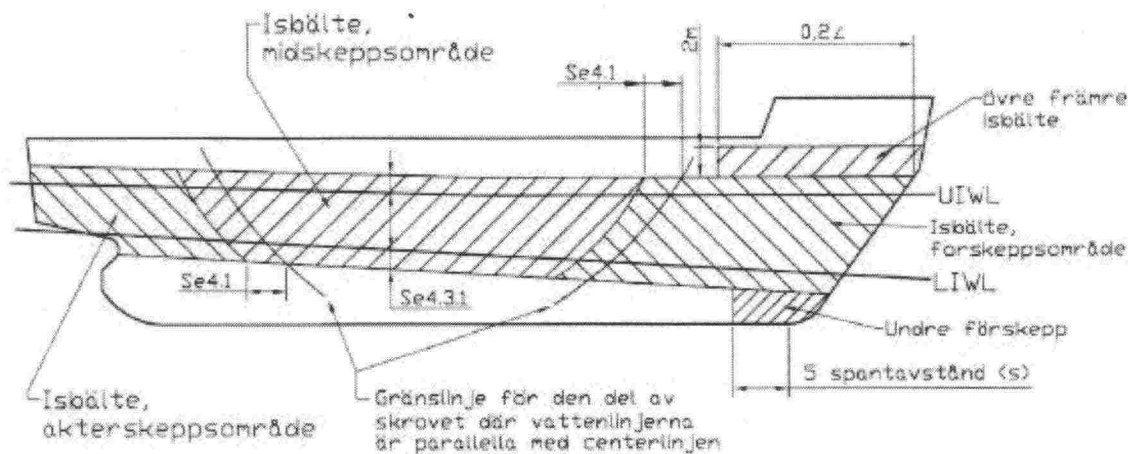
Fartygets skrov indelas i områden enligt följande (se även figur 4-2).

Förskeppsområdet: Från förstäven till en linje parallell med och $0,04 \cdot L$ akter om den främre gränslinjen för den del av skrovet där vattenlinjerna är parallella med centerlinjen. För isklasserna IA Super och IA behöver överlappet över gränslinjen inte vara över 6 meter, för isklasserna IB och IC behöver detta överlapp inte vara över 5 meter.

Midskeppsområdet: Från förskeppsområdets akter gräns till en linje parallell med och $0,04 \cdot L$ akter om den aktra gränslinjen för den del av skrovet där vattenlinjerna är parallella med centerlinjen. För isklasserna IA Super och IA behöver överlappet över gränslinjen inte vara över 6 meter, för isklasserna IB och IC behöver överlappet inte vara över 5 meter.

Akterskeppsområdet: Från midskeppsområdets akter gräns till akterstäven.

L är den av klassificeringssällskapet tillämpade regellängden.



Figur 4-2. Skrovets isförstärkta områden.

4.2 Isbelastning

4.2.1 Belastningsområdets höjd

Ett isförstärkt fartyg antas trafikera i isförhållanden i öppen sjö motsvarande jämn is med en tjocklek som inte är över h_o . Beräkningshöjden (h) av det område som de facto är under isbelastning vid en viss tidpunkt antas dock vara endast en del av istjockleken. Värden för h_o och h ges i följande tabell:

Isklass	h_o [m]	h [m]
IA Super	1.0	0.35
IA	0.8	0.30
IB	0.6	0.25
IC	0.4	0.22

4.2.2 Istryck

Beräkningsistrycket beräknas med formeln:

$$p = c_d \cdot c_l \cdot c_a \cdot p_o \text{ [MPa]}, \quad (4.1)$$

där

c_d är faktorn som beaktar inverkan av fartygets storlek och maskineffekt.

Faktorn beräknas med formeln:

$$c_d = \frac{a \cdot k + b}{1000},$$

där

$$k = \frac{\sqrt{\Delta \cdot P}}{1000}$$

a och b ges i följande tabell:

	O m r å d e			
	För		Midskepps & akter	
	$k \leq 12$	$k > 12$	$k \leq 12$	$k > 12$
a	30	6	8	2
b	230	518	214	286

Δ är fartygets displacement på största isklassdjupgående [t] (se 2.1)

P är fartygets faktiska kontinuerliga maskineffekt [kW] (se 3.1)

c_l är faktorn som beaktar sannolikheten att beräkningsistrycket uppträder i ett visst område av skrovet för ifrågavarande isklass.

Värdet av c_l ges i följande tabell:

Isklass	O m r å d e		
	För	Midskepps	Akter
IA Super	1.0	1.0	0.75
IA	1.0	0.85	0.65
IB	1.0	0.70	0.45
IC	1.0	0.50	0.25

c_a är faktorn som beaktar sannolikheten för att hela längden av området i fråga kommer att vara utsatt för tryck på samma gång. Faktorn beräknas med formeln:

$$c_a = \frac{47 - 5l_a}{44}; \text{ maximum } 1.0; \text{ minimum } 0.6,$$

där l_a ska tas som följer:

Struktur	Spantningstyp	l_a [m]
bordläggning	tvärskepps	spantavståndet
	långskepps	2 · spantavståndet
spant	tvärskepps	spantavståndet
	långskepps	spantets spännvidd
isvägare		vägarrens spännvidd
ramspant		2 · avståndet mellan ramspanten

p_o är det nominella istrycket; värdet 5.6 MPa ska användas.

4.3 Bordläggning

4.3.1 Isförstärkningens (isbältets) vertikala utsträckning

Isförstärkningens vertikala utsträckning ska vara som följer (se figur 4-2):

Isklass	Ovan UIWL [m]	Under LIWL [m]
IA Super	0,6	0,75
IA	0,5	0,6
IB	0,4	0,5
IC	0,4	0,5

Dessutom ska följande områden förstärkas:

Undre förskeppet: För isklass IA Super ska bordläggningsplåten nedanför isbältet, mellan förstäven och en position fem huvudspantsavstånd akter om den punkt där stävprofilen avviker från köllinjen, ha åtminstone den tjocklek som krävs i isbältet i midskeppsområdet.

Övre främre isbältet: För isklasserna IA Super och IA på fartyg med en servicefart i öppet vatten på 18 knop eller mer ska bordläggningen från isbältets övre kant till 2 meter över denna och från förstäven till en position åtminstone 0,2 L akter om förliga pendikeln, i varje fall inte vara mindre än den tjocklek som krävs i isbältet i midskeppsområdet. En motsvarande förstärkning av förskeppet är också att rekommendera för ett fartyg med lägre servicefart, om det av t.ex. modellförsök framgår att fartyget kommer att ha en kraftig bogvåg.

Fönsterventiler ska inte placeras i isbältet. Om väderdäcket i någon del av fartyget är beläget nedanför isbältets övre kant, t.ex. i däcksbotten på ett welldäckt fartyg, ska brädgången ha åtminstone samma styrka som krävs för bordläggningen i isbältet. Även konstruktionen av länsportar ska ha tillräcklig styrka för ändamålet.

4.3.2 Plåttjocklek i isbältet

Vid tvärskeppsspantning ska bordläggningsplåtarnas tjocklek bestämmas enligt formeln:

$$t = 667 s \sqrt{\frac{f_1 \cdot p_{PL}}{\sigma_y}} + t_c \text{ [mm]} \quad (4.2)$$

Vid långskeppsspantning ska bordläggningsplåtarnas tjocklek bestämmas enligt formeln:

$$t = 667 s \sqrt{\frac{p_{PL}}{f_2 \cdot \sigma_y}} + t_c [\text{mm}], \quad (4.3)$$

där

s är spantavståndet [m]

$p_{PL} = 0.75 p$ [MPa]

p är som givet i 4.2.2

$f_1 = 1.3 - \frac{4.2}{(h/s + 1.8)^2}$; maximum 1.0

$f_2 = 0.6 + \frac{0.4}{(h/s)}$; då $h/s \leq 1$

$f_2 = 1.4 - 0.4 (h/s)$; då $1 \leq h/s < 1.8$

där h är som givet i 4.2.1

σ_y är materialets sträckgräns [N/mm^2], för vilken följande värden ska användas (som i IACS norm W11):

$\sigma_y = 235 \text{ N/mm}^2$ för skrovkonstruktionsstål med normal hållfasthet

$\sigma_y = 315 \text{ N/mm}^2$ eller högre för höghållfast skrovkonstruktionsstål

Om stål med avvikande sträckgräns används, kan aktuella värden användas på villkor att det accepterats av klassificeringssällskapet.

t_c är slit- och korrosionsmånen [mm]; normalt ska t_c vara 2 mm; om en speciell ytbeläggning, som erfarenheten visat kapabel att motstå slitaget från isen, pålagts och underhålls, kan lägre värden godkännas.

4.4 Spant

4.4.1 Vertikal utsträckning av isförstärkningen

Den vertikala utsträckningen av spantningen ska vara åtminstone som följer:

Isklass	Område	Ovan UIWL [m]	Under LIWL [m]
IA Super	från stäven till 0,3 L akter om den	1.2	till tanktak eller under överkant av bottenstockar
	akter om 0,3 L från stäven	1.2	1.6
	midskepps	1.2	1.6
	akter	1.2	1.2
IA, IB, IC	från stäven till 0,3 L akter om den	1.0	1.6
	akter om 0,3 L från stäven	1.0	1.3
	midskepps	1.0	1.3
	akter	1.0	1.0

Där ett övre främre isbälte krävs (se 4.3.1) ska isförstärkningen av spantningen sträcka sig till minst höjden av detta isbälte.

Där isförstärkningen ska utsträckas förbi ett däck eller ett tanktak med högst 250 mm, kan den avslutas vid detta däck eller tanktak.

4.4.2 Tvärskeppsspant

4.4.2.1 Motståndsmoment

Motståndsmomentet för ett huvud- eller mellantvärskeppsspant ska beräknas med formeln:

$$Z = \frac{p \cdot s \cdot h \cdot l}{m_t \cdot \sigma_y} 10^6 [\text{cm}^3], \quad (4.4)$$

där

p är istrycket som givet i 4.2.2 [MPa]

s är spantavståndet [m]

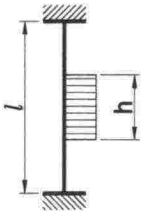
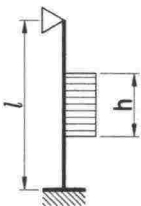
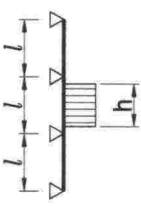
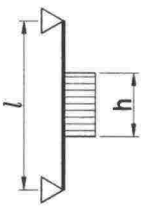
h är höjden av belastningsområdet som given i 4.2.1 [m]

l är spantets spännvidd [m]

$$m_t = \frac{7m_o}{7-5h/l}$$

σ_y är sträckgränsen som i 4.3.2 [N/mm²]

m_o tar i beaktande randvillkoren. Faktorns värde ges i följande tabell:

Randvillkor	m_o	Exempel
	7	Spant i ett bulkfartyg med toppvingtankar
	6	Spant som sträcker sig från tanktaket till däck på ett enkeldäckt fartyg
	5,7	Kontinuerligt spant mellan flera däck eller vägare
	5	Spant som sträcker sig endast mellan två däck

Randvillkoren gäller både för huvudspant och för mellanspant. Belastningen har tänkts verka mitt emellan stödpunkterna.

Då mindre än 15 % av spannet, l , av spantet är inom området för förstärkningen enligt 4.4.1, kan ordinarie spantdimensioner användas.

4.4.2.2 Övre ändan av tvärskeppsspant

Övre ändan av den förstärkta delen av ett huvudspant eller av ett mellanspant ska fästas till ett däck eller en isvägare (se 4.5).

Då ett spant slutar ovanför ett däck eller en isvägare som befinner sig på eller ovanför isbältets övre kant (se 4.3.1), kan den del som befinner sig ovanför detta däck eller denna vägare ha de materialdimensioner som skulle ha krävts av klassificeringssällskapet för ett icke förstärkt fartyg och övre ändan av mellanspantet kan förenas med bredvidliggande huvudspant med en vågrät karvel av samma dimension som huvudspantet. Ett sådant mellanspant kan även utsträckas till

ovanförliggande däck och om detta befinner sig mer än 1,8 meter ovanför isbältet, behöver mellanspantet icke fästas till detta däck utom i förskeppsområdet.

4.4.2.3 Nedre ändan av tvärskeppsspant

Nedre ändan av den förstärkta delen av ett isspant eller av ett mellanspant ska fästas till ett däck, tanktak eller en isvägare (se 4.5).

Då ett mellanspant avslutas nedanför ett däck, tanktak eller en isvägare som är belägen på eller nedanför isbältets undre kant (se 4.3.1), kan nedre ändan förbindas med intilliggande huvudspant med en vågrät karvel med samma materialdimensioner som huvudspantet.

4.4.3 Långskeppsspant

Motståndsmomentet för ett långskeppsspant ska beräknas enligt formeln:

$$Z = \frac{f_3 \cdot f_4 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m \cdot \sigma_y} 10^6 \text{ [cm}^3\text{]} \quad (4.5)$$

Skjuvarean av ett långskeppsspant ska vara:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot f_3 \cdot p \cdot h \cdot l}{2\sigma_y} 10^4 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (4.6)$$

Anm. Denna formel ska endast tillämpas om långskeppsspantet fästs till stödande konstruktioner med knäbrickor som föreskrivet i 4.4.4.1.

I ovangivna formel:

f_3 är faktorn som beaktar belastningens fördelning på närliggande spant

$$f_3 = (1 - 0.2 h/s)$$

f_4 är faktorn som beaktar belastningskoncentrationen till understödspunkten;

$$f_4 = 0.6$$

p är istrycket som givet i 4.2.2 [MPa]

h är belastningsområdets höjd som given i 4.2.1 [m]

s är spantavståndet [m]

Spantavståndet ska inte överskrida 0.35 meter för isklasserna IA Super eller IA och ska i ingen händelse överskrida 0.45 meter.

l är spantets spännvidd [m]

m är randvillkorsfaktorn; $m = 13.3$ för en kontinuerlig balk; då randvillkoren avviker avsevärt från en kontinuerlig balk, t.ex. i ett ändområde, kan en lägre randvillkorsfaktor användas.

σ_y är sträckgränsen som i 4.3.2 [N/mm²]

4.4.4 Allmänt om spankning

4.4.4.1 Fästandet av spannten till de stödjande konstruktionerna

Inom det isförstärkta området ska alla spant effektivt fästas till alla stödjande konstruktioner. Ett långskeppsspant ska fästas till alla ramspant och skott med knäbrickor. För tvärskeppsspant vilka slutar mot en vägare eller ett däck, ska en knäbricka eller motsvarande konstruktion anbringas. Spant som korsar bärande konstruktionsdelar ska på båda sidor stödas mot strukturen genom direkt svetsning, kragplåt eller stödbricka. En bricka ska ha minst samma tjocklek som spantets liv och dess kant ska vara tillräckligt stark för att motstå buckling.

4.4.4.2 Spantens stöd för isklass IA Super och isklass IA i förskepps- och midskeppsområdet samt för isklass IB och IC i förskeppsområdets isförstärkta område

Spant som icke står vinkelrätt mot bordläggningen ska stödjaskantring med brickor, interkostaler, vägare eller liknande på ett avstånd som ej överstiger 1300 mm.

Spannten ska fästas till bordläggningen med dubbel kontinuerlig svets. Notchar är endast tillåtna vid svetsar i bordläggningsplåten.

Spantens livplåstjocklek ska vara minst hälften av bordläggningsplåtens tjocklek och i varje fall ej tunnare än 9 mm. Där ett däck, tanktak eller skott ersätter ett spant, ska plåttjockleken vara som ovan till ett djup motsvarande höjden av närliggande spant.

4.5 Isvägare

4.5.1 Vägare inom isbältet

Motståndsmoment för en vägare som befinner sig inom isbältet (se 4.3.1) ska beräknas enligt formeln:

$$Z = \frac{f_5 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m \cdot \sigma_y} 10^6 \text{ [cm}^3\text{]} \quad (4.7)$$

Skjuvarean ska vara:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot f_5 \cdot p \cdot h \cdot l}{2\sigma_y} 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (4.8)$$

där

p är istrycket som givet i 4.2.2 [MPa]

h är belastningsområdets höjd som given i 4.2.1 [m]

Produkten $p \cdot h$ ska inte tas mindre än 0.30.

l är vägarens spännvidd [m]

m är randvillkorsfaktorn, se 4.4.3

f_5 är faktorn som beaktar belastningens fördelning på tvärskeppsspanten; $f_5 = 0.9$

σ_y är sträckgränsen som i 4.3.2

4.5.2 Vägare utanför isbältet

Motståndsmomentet för en vägare som befinner sig utanför isbältet men som stöder isförstärka spant ska beräknas med formeln

$$Z = \frac{f_6 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m \cdot \sigma_y} (1 - h_s / l_s) 10^6 \text{ [cm}^3\text{]} \quad (4.9)$$

Skjuvarean ska vara

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot f_6 \cdot p \cdot h \cdot l}{2 \sigma_y} (1 - h_s / l_s) 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (4.10)$$

där

p är istrycket som givet i 4.2.2 [MPa]

h är belastningsområdets höjd som given i 4.2.1 [m]

Produkten $p \cdot h$ ska inte tas mindre än 0.30

l är vägarens spännvidd [m]

m är randvillkorsfaktorn, se 4.4.3

l_s är avståndet till närliggande isvägare [m]

h_s är avståndet till isbältet [m]

f_6 är faktorn som beaktar belastningsfördelningen till tvärskeppsspanten; $f_6 = 0,95$

σ_y är materialets sträckgräns som i 4.3.2

4.5.3 Smala sidodäck

Smala sidodäck vid lucköppningar vilka fungerar som isvägare ska uppfylla kraven på motståndsmoment och skjuvarea enligt 4.5.1 respektive 4.5.2. I fråga om osedvanligt långa lucköppningar kan klassificeringssällskapet tillåta att produkten $p \cdot h$ tas mindre än 0.30 men i ingen händelse mindre än 0.20.

Uppmärksamhet ska fästas vid fartygssidans inböjning under ispressning vid osedvanligt långa lucköppningar med tanke på konstruktionen av väderdäcksluckor och dess beslag.

4.6 Ramspant

4.6.1 Belastning

Den belastning som överförs till ett ramspant från en isvägare eller från långskeppsspantning ska beräknas med formeln:

$$F = p \cdot h \cdot S \text{ [MN]}, \quad (4.11)$$

där

p är istrycket som givet i 4.2.2 [MPa], vid beräkningen av c_a ska dock l_a tagas som $2S$.

h är belastningsområdets höjd som given i 4.2.1 [m]

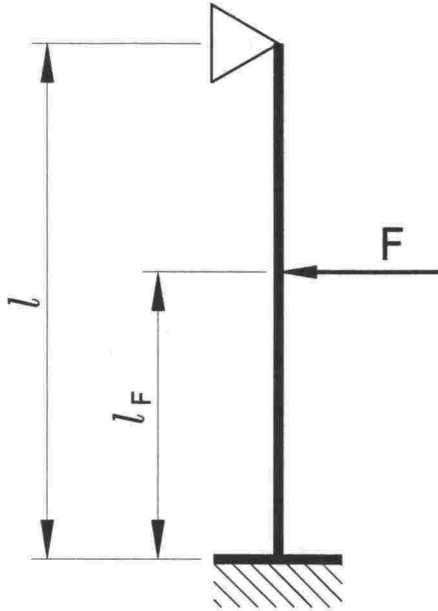
Produkten $p \cdot h$ ska inte tas mindre än 0,30.

S är avståndet mellan ramspanten [m]

Ifall den stödjande isvägaren ligger utanför isbältet, ska kraften F multipliceras med $(1-h_s/l_s)$, där h_s och l_s är definierade i 4.5.2.

4.6.2 Motståndsmoment och skjuvarean

När ett ramspant följer konstruktionsmodellen i figur 4-3, ska motståndsmomentet och skjuvarean beräknas med nedanstående formler:



Figur 4-3.

Skjuvarean:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot \alpha \cdot Q}{\sigma_y} 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (4.12)$$

där

Q är beräknad maximal skärkraft för lasten F enligt 4.6.1, eller $k_1 \cdot F$ där:

$$\begin{aligned} k_1 &= 1 + 1/2(l_F/l)^3 - 3/2(l_F/l)^2 \text{ eller} \\ &= 3/2(l_F/l)^2 - 1/2(l_F/l)^3 \text{ beroende på vilket värde som är störst.} \end{aligned}$$

För ramspantets nedre del ska det minsta l_F -värdet inom isbältet användas, och för övre delen ska det största l_F -värdet inom isbältet användas.

α är som givet i nedanstående tabell

σ_y är sträckgränsen som i 4.3.2

F är som given i 4.6.1.

Motståndsmoment:

$$Z = \frac{M}{\sigma_y} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 - (\gamma \cdot A / A_a)^2}} \cdot 10^6 \text{ [cm}^3\text{]}, \quad (4.13)$$

där

M är beräknat maximalt böjande moment för lasten F enligt 4.6.1, eller $k_2 \cdot F \cdot l$ där:

$$k_2 = 1/2 (l_F / l)^3 - 3/2 (l_F / l)^2 + (l_F / l)$$

γ är som givet i tabellen nedan

A är krävd skjuvarea då $k_l = 1 + 1/2 (l_F / l)^3 - 3/2 (l_F / l)^2$

A_a är ramspantets faktiska tvärsnittsarea

Faktorerna α och γ ges i tabellen nedan

A_f/A_w	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
α	1.5	1.23	1.16	1.11	1.09	1.07	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04
γ	0	0.44	0.62	0.71	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89

där

A_f är tvärsnittsytan för fri fläns

A_w är tvärsnittsytan för livplåten

4.6.3 Direkt spänningsberäkning

För andra arrangemang och randvillkor för ett ramspant än de som givits i 4.6.2 ska en direkt spänningsberäkning utföras.

Punktbelastningen på ett ramspant är given i 4.6.1. Angreppspunkten ska i varje enskilt fall, med hänsyn till arrangemanget av vägare och långskeppsspant, väljas så att största skjuvkrafter och böjmoment erhålls. Följande spänningar ska tillämpas:

Skjuvspänning:

$$\tau = \sigma_y / \sqrt{3} \quad (4.14)$$

Böjspänning:

$$\sigma_b = \sigma_y \quad (4.15)$$

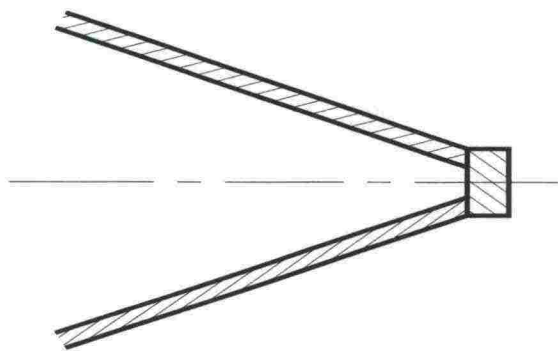
Reducerad spänning:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = \sigma_y \quad (4.16)$$

4.7 Förskepp

4.7.1 Förstäv

Stäven ska tillverkas av valsat, gjutet eller smitt stål eller av bockad stålplåt. En skarpkantad stäv (se figur 5) förbättrar fartygets manöverförmåga i is och rekommenderas speciellt för mindre fartyg med en längd under 150 m.



Figur 4-4. Exempel på lämplig stäv

Plåttjockleken ska, för en stäv av bockad plåt, en i annat fall trubbig stäv, samt de delar av bordläggningen vilka bildar en vinkel av 30° eller mer med centerlinjen i horisontalplanet, beräknas enligt formlerna i 4.3.2 under antagande att:

s är avståndet mellan de element som stöder plåten [m]

$p_{PL} = p$ [MPa] (se 4.3.2)

l_a är avståndet mellan de vertikala understödande elementen [m]

Stäven och den del av en trubbig stäv som definierats ovan ska stödjäs av bottenstockar eller knäbrickor vilkas inbördes avstånd inte överskrider 0.6 m och vilkas tjocklek är minst hälften av bordläggningsplåtens tjocklek. Förstärkningen av stäven ska sträcka sig från kölen till en punkt 0.75 m ovan UIWL, eller då ett övre främre isbälte krävs (4.3.1), till isbältets övre gräns.

4.7.2 Arrangemang för bogsering

Ett klys med en öppning på minst 250 gånger 300 mm, en längd av minst 150 mm och en radie för inre ytan på minst 100 mm ska anbringas i brädgången i bogen på centerlinjen.

Det ska finnas pollare eller annan anordning för fäste av en bogserlina dimensionerad att hålla fartygets bogserlinas brottbelastning.

På fartyg vars displacement inte överskrider 30 000 ton ska den del av bogen som sträcker sig till en höjd av minst 5 meter över LWL och minst 3 meter akterut från stäven förstärkas för att hålla de belastningar som förorsakas vid bogsering i klyka. För detta ändamål ska mellanspant sättas in och spanten ska stödas av vägare eller däck.

Det är att märka att för fartyg av moderat storlek (displacement under 30 000 ton), bogsering i klyka i många situationer är det effektivaste sättet att assistera i is. Fartyg med en bulb som sträcker sig mer än 2.5 meter för om förliga pendikeln är ofta svåra att bogsera på detta sätt.

4.8 Akterskepp

Nya typer av propulsionsystem med vridbara thrustrar eller av typen 'azipod', vilka ger en ökad manöverförmåga, har även visat sig ge högre isbelastningar på akterskepp och akterstäv. Detta bör beaktas vid konstruktionen av akterskeppsstrukturen.

Ett osedvanligt litet mellanrum mellan propellerbladspetsen och akterstäven ska undvikas då detta kan förorsaka höga belastningar på bladspetsen.

På fartyg med två eller tre propellrar ska isförstärkningen av bordläggning och spankning utsträckas till dubbelbotten på en sträcka av 1.5 meter för och akter om sidopropellrarna.

Axlar och axelhylsor till sidopropellrar ska normalt inneslutas i slutna bossar. Om fristående bockar används, ska styrka och infästning av dessa dimensioneras så att tillräcklig styrka uppnås.

En bred akterspegel som sträcker sig nedanför UIWL försämrar avsevärt fartygets förmåga att backa i is. Därför ska en akterspegel om möjligt inte utsträckas under UIWL. Om det inte kan undvikas, ska den del av akterspegeln som befinner sig under UIWL hållas så smal som möjligt. Den del av en akterspegel som befinner sig inom isbältet ska förstärkas som mid-skeppsområdet.

4.9 Slingerkölar

Slingerkölar blir ofta skadade eller slits loss i is. Infästningen av en slingerköl till skrovet ska utformas så att risken för skada på skrovet är så liten som möjligt, om slingerkölen slits loss. För att begränsa skadan då en slingerköl delvis slits loss, rekommenderas att slingerkölar uppdelas i flera korta och separata längder.

5 RODER OCH STYRARRANGEMANG

Måttställningen av roderstäv, hjärtstock, fingerlingar, styrmaskin samt övriga delar av styrarrangemanget, såväl som styrmaskinens kapacitet, ska bestämmas enligt klassificeringssällskapets regler. Den högsta servicefart för fartyget vilken används i dessa beräkningar ska dock inte vara mindre än följande värden:

IA Super	20 knop
IA	18 knop
IB	16 knop
IC	14 knop

Om fartygets verkliga högsta servicefart är högre, ska den hastigheten användas.

För isklasserna IA Super och IA ska hjärtstocken och rodrets övre kant skyddas mot ispress med en iskniv eller på liknande sätt.

För isklasserna IA Super och IA ska de höga belastningar uppmärksammas vilka förorsakas då rodret tvingas ur sin position midskepps när fartyget backar in i en packisvall.

Tryckbegränsningsventiler för hydraulik ska vara effektiva. Styrmaskinens komponenter ska dimensioneras för hjärtstockens sträckvridmoment. Där det är möjligt ska roderstoppare anbringas att verka på roderbladet eller roderflänsen.

6 FRAMDRIVNINGSMASKINERI

6.1 Omfattning

Dessa föreskrifter gäller för framdrivningsmaskineri som omfattar propellrar av öppen typ eller i dysa med vridbara blad eller fasta blad för isklasserna IA Super, IA, IB och IC. De uppgivna belastningarna är de förväntade isbelastningarna under fartygets hela livslängd vid normala driftsförhållanden, inklusive sådana belastningar som beror på byte av rotationsriktning hos FP-propellrar. Belastningarna täcker emellertid inte driftsförhållanden som ligger utanför dimensioneringen, t.ex. då en stillastående propeller dras genom is. Föreskrifterna gäller även vridbara och fasta thrustrar för huvudmaskineriet med hänsyn tagen till de belastningar som uppstår vid växelverkan mellan propeller och is. Belastningsmodellerna i föreskrifterna inkluderar däremot inte påkänningar från växelverkan mellan propeller och is för det fall att isen kommer in i propellern på en vinklad vridbar thruster från sidan (radiellt), inte heller belastningsfallet då isblock träffar navet på en dragande propeller. Ispåkänningar till följd av stötar mot thrusterhuset måste uppskattas, det finns inga belastningsformler för dem.

6.2 Beteckningar

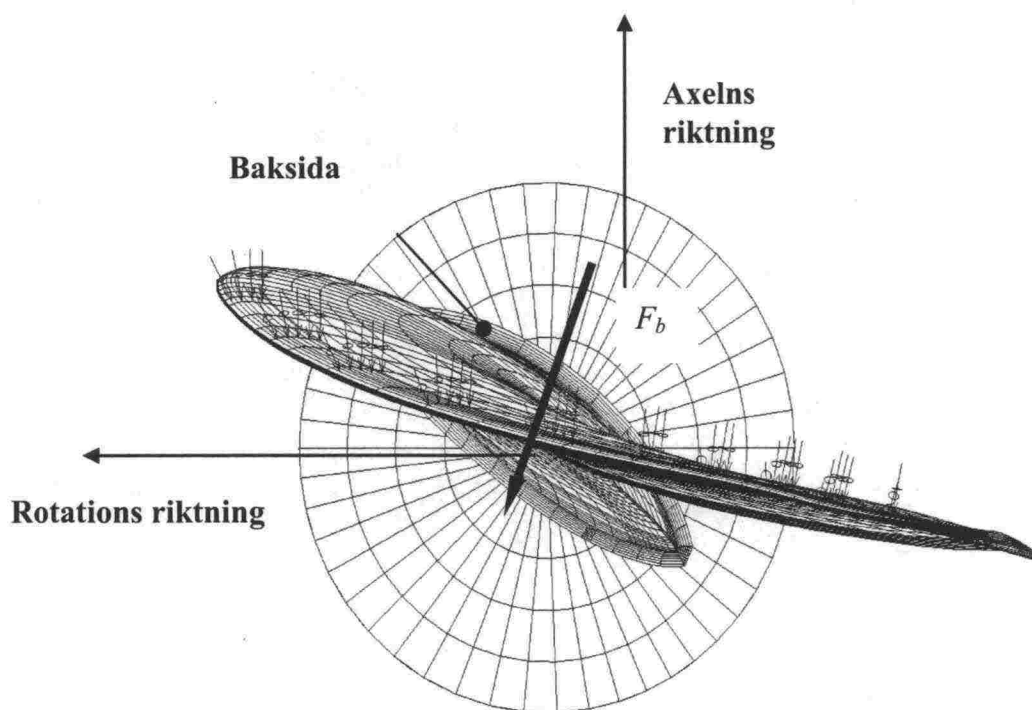
c	m	längd på bladsektionens korda
$c_{0.7}$	m	längd på bladsektionens korda vid propellerradie 0,7 R
CP		propeller med ställbar stigning
D	m	propellerdiameter
d	m	propellernavets ytterdiameter (vid propellerplanet)
D_{limit}	m	gränsvärde för propellerdiameter
EAR		expanderad bladarea
F_b	kN	maximal bakåtriktad bladkraft under fartygets livstid
F_{ex}	kN	maximal kraft på blad resulterande i plastisk böjning till brott
F_f	kN	maximal framåtriktad bladkraft under fartygets livstid
F_{ice}	kN	isbelastning
$(F_{ice})_{max}$	kN	maximal isbelastning under fartygets livstid
FP		propeller med fast stigning
h_0	m	propellerns centrumlinjes djup under den undre isvattenlinjen
H_{ice}	m	tjocklek hos det största beräknade isblock som går in i propellern
I	kgm ²	ekvivalent masströghetsmoment för alla delar på maskinsidan av den komponent som avses
I_t	kgm ²	ekvivalent masströghetsmoment för hela framdrivningssystemet
k		formparameter för weibullfördelningen
LIWL	m	undre isvattenlinjen
m		lutning för SN-kurva i log/logskala
M_{BL}	kNm	bladets böjmoment
MCR		maximal kontinuerlig effekt
n	varv/s	propellerns rotationshastighet
n_n	varv/s	propellerns nominella rotationshastighet vid MCR i öppet vatten
N_{class}		referenstal för impulser per propellerrotationshastighet och isklass
N_{ice}		totalt antal isbelastningar på propellerbladet under fartygets livstid

N_R		referensantal belastningar för ekvivalent utmattningsspänning (10^8 cykler)
N_Q		antal propellervarv under en ismalningssekvens
$P_{0.7}$	m	propellerstigning vid radie 0.7 R
$P_{0.7n}$	m	propellerstigning vid radie 0.7 R och MCR i öppet vatten
$P_{0.7b}$	m	propellerstigning vid radie 0.7 R och MCR i bollard pull
Q	kNm	vridmoment
Q_{emax}	kNm	maximalt motorvridmoment
Q_{max}	kNm	maximalt vridmoment på propellern till följd av växelverkan mellan propeller och is
Q_{motor}	kNm	toppvridmoment för elektrisk motor
Q_n	kNm	nominellt vridmoment vid MCR i öppet vatten
Q_r	kNm	maximalt responsvridmoment längs propelleraxelns linje
Q_{smax}	kNm	maximalt spindelvridmoment på bladet under fartygets livstid
R	m	propellerradie
r	m	bladsektionens radie
T	kN	propellertryck
T_b	kN	maximalt bakåtriktat propellerstryck under fartygets livstid
T_f	kN	maximalt framåtriktat propellerstryck under fartygets livstid
T_n	kN	propellertryck vid MCR i öppet vatten
T_r	kN	maximalt responstryck längs axelns linje
t	m	maximal tjocklek på bladsektion
Z		antal propellerblad
α_i	[grader]	varaktighet av växelverkan mellan propellerblad och is angiven som rotationsvinkel
γ_ε		reduktionsfaktor för utmattning; inverkan av spridning och provföremålets storlek
γ_v		reduktionsfaktor för utmattning; inverkan av variation i belastningsamplitud
γ_m		reduktionsfaktor för utmattning; inverkan av genomsnittlig spänning
ρ		en reduktionsfaktor för utmattning som korrelerar den maximala spänningsamplituden med den ekvivalenta utmattningsspänningen under 10^8 påkänningscykler
$\sigma_{0.2}$	MPa	sträckgräns hos bladmaterialet
σ_{exp}	MPa	genomsnittlig utmattningshållfasthet hos bladmaterialet vid 10^8 utmattningscykler i havsvatten
σ_{fat}	MPa	ekvivalent spänningsamplitud från isbelastning för utmattning vid 10^8 påkänningscykler
σ_{fl}	MPa	karaktäristisk utmattningshållfasthet hos bladmaterialet
σ_{ref}	MPa	referensspänning $\sigma_{ref} = 0,6 \cdot \sigma_{0.2} + 0,4 \cdot \sigma_u$
σ_{ref2}	MPa	referensspänning, det minsta värdet av $\sigma_{ref2} = 0,7 \cdot \sigma_u$ eller $\sigma_{ref2} = 0,6 \cdot \sigma_{0.2} + 0,4 \cdot \sigma_u$
σ_{st}	MPa	maximal spänning resulterande från F_b eller F_f
σ_u	MPa	dragbrottgräns hos bladmaterialet

$(\sigma_{ice})_{bmax}$	MPa	huvudspänning orsakad av den maximala bakåtriktade isbelastningen på propellern
$(\sigma_{ice})_{fmax}$	MPa	huvudspänning orsakad av den maximala framåtriktade isbelastningen på propellern
$(\sigma_{ice})_{max}$	MPa	maximal spänningsamplitud för isbelastningen

Tabell 6-1. Definition av belastningar

	Definition	Tillämpning av belastningen vid konstruktionsberäkningar
F_b	Den under livslängden maximala bakåtriktade kraften på ett propellerblad till följd av växelverkan mellan propeller och is, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad. Kraftens riktning är vinkelrät mot kordan $0.7R$. Se figur 6-1.	Dimensionerande kraft för hållfasthetsberäkning av propellerbladet.
F_f	Den under livslängden maximala framåtriktade kraften på ett propellerblad till följd av växelverkan mellan propeller och is, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad. Kraftens riktning är vinkelrät mot kordan $0.7R$.	Dimensionerande kraft för hållfasthetsberäkning av propellerbladet.
Q_{smax}	Det under livslängden maximala spindelvridmomentet på ett propellerblad till följd av växelverkan mellan propeller och is, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad.	Vid beräkning av propellerns hållfasthet beaktas spindelns vridmoment automatiskt eftersom propellerbelastningen verkar på bladet som ett fördelat tryck på den ledande kanten eller spetsområdet.
T_b	Den under livslängden maximala tryckkraften på propellern (samtliga blad) till följd av växelverkan mellan propeller och is. Tryckriktningen är lika med propelleraxelns riktning och kraften är motriktad det hydrodynamiska trycket.	Används för bestämning av reaktionstryckkraften T_r . T_b kan användas för bestämning av excitation för axiella vibrationsberäkningar. Axiella vibrationsberäkningar erfordras dock inte i bestämmelserna.
T_f	Den under livslängden maximala tryckkraften på propellern (samtliga blad) till följd av växelverkan mellan propeller och is. Tryckriktningen är lika med propelleraxelns riktning och verkar i samma riktning som det hydrodynamiska trycket.	Används för bestämning av reaktionstryckkraften T_r . T_f kan användas för bestämning av excitation för axiella vibrationsberäkningar. Axiella vibrationsberäkningar erfordras dock inte i bestämmelserna.
Q_{max}	Det maximala isinducerade vridmomentet till följd av växelverkan mellan propeller och is på ett propellerblad, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad.	Används för bestämning av reaktionsvridmomentet (Q_r) längs maskineriets axellinje och som excitation för beräkningar av torsionsvibrationer.
F_{ex}	Kraft som erfordras för bladbrott genom plastisk böjning. Den kraft som erfordras för bladets totala kollaps i bladets rotområde genom plastisk deformation. Kraften verkar på $0.8R$. Spindelarmen ska tas som det största värdet av $2/3$ av avståndet mellan bladets rotationsaxel och bladets framkant eller bladets bakkant vid radie $0.8R$.	Bladbrotsbelastning används för dimensionering av bladbultar, styrmekanism för stigningen, propelleraxel, propelleraxellager och trycklager. Syftet är att säkerställa att ett totalt propellerbladshaveri inte ska orsaka skada på andra komponenter.
Q_r	Maximalt reaktionsvridmoment längs propelleraxelns linje med hänsyn tagen till axellinjens dynamiska uppträdande vid ispåverkan (torsionsvibrationer) och hydrodynamiskt genomsnittligt vridmoment på propellern.	Dimensionerande vridmoment för komponenter i propellerns axellinje.
T_r	Maximal reaktionstryckkraft längs axeln med hänsyn tagen till dynamiskt agerande vid ispåverkan (axiella vibrationer) och genomsnittligt hydrodynamiskt tryck på propellern.	Dimensionerande tryckkraft för komponenter i propellerns axellinje.



Figur 6-1. Den bakåtriktade propellerbladkraftens resultant vinkelrätt mot kordan vid radien $0.7R$. Isens kontaktryck vid den ledande kanten visas med små pilar.

6.3 Dimensionerande isförhållanden

Vid bestämning av isbelastningarna på propellern för olika isklasser har olika driftsförhållanden enligt tabell 6-2 beaktats. För bestämning av de dimensionerande isbelastningarna har en maximal storlek på isblock fastställts. Det maximala dimensionerande isblock som kommer in i propellern är ett rektangulärt block med måtten $H_{ice} \cdot 2H_{ice} \cdot 3H_{ice}$. Tjockleken på isblocket (H_{ice}) framgår av tabell 6-3.

Tabell 6-2.

Isklass	Fartygets tjänstgöring
IA Super	Tjänstgöring i isrännor och i jämn is Fartyget kan framföras genom isbrytning
IA, IB, IC	Tjänstgöring i isrännor

Tabell 6-3.

	IA Super	IA	IB	IC
Tjockleken på det största isblock som kommer in i propellern (H_{ice})	1.75 m	1.5 m	1.2 m	1.0 m

6.4 Material

6.4.1 Material utsatt för havsvatten

Materialet i komponenter som exponeras för havsvatten såsom propellerblad, propellernav och thrusterhus ska ha en förlängning ej understigande 15 % hos ett provobjekt där provets mätlängd är fem gånger dess diameter. Ett Charpy V-slagprov ska utföras för andra material än brons och austenitiskt stål. Ett medelvärde på 20 J slagenergi från tre prover vid minus 10 °C krävs.

6.4.2 Material utsatt för havsvattentemperatur

Material som är utsatta för havsvattentemperaturer ska vara sega. Ett medelvärde på 20 J slagenergi från tre prover vid minus 10 °C krävs. Kravet gäller bladbulvar, CP-mekanismer, axelbulvar, bulvar till stöd, poddar etc. Det gäller inte ythärdade komponenter såsom lager och kugghjulständer.

6.5 Beräkningslaster

De angivna lasterna är endast avsedda för beräkningar av komponenters hållfasthet och är de totala belastningarna inklusive isinducerade laster och hydrodynamiska laster vid växelverkan mellan propeller och is.

Värdena på parametrarna i formlerna i detta avsnitt ska anges i de enheter som visas i listan med beteckningar.

Om propellern inte är helt under vatten då fartyget är i barlastläge, ska framdrivningssystemet konstrueras enligt isklass IA för isklasserna IB och IC.

6.5.1 Beräkningslaster på propellerblad

F_b är den maximal bakåtriktad bladkraft under fartygets livstid, vilken böjer ett propellerblad bakåt under det att propellern bryter sönder ett isblock medan den roterar framåt. F_f är motsvarande maximala kraft under fartygets livstid som böjer ett propellerblad framåt under det att propellern bryter sönder ett isblock medan den roterar framåt. F_b och F_f härrör från olika växelverkansfenomen mellan propeller och is och uppträder inte samtidigt. Därför måste de tillämpas separat per blad.

6.5.1.1 Maximal bakåtriktad bladkraft F_b för öppna propellrar

$$F_b = 27 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{\text{limit}} \quad (6.1)$$

$$F_b = 23 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D \cdot H_{\text{ice}}^{1.4} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{\text{limit}} \quad (6.2)$$

där

$$D_{limit} = 0.85 \cdot H_{ice}^{1.4} \text{ [m]}$$

n är den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en CP-propeller och 85 % av den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en FP-propeller.

6.5.1.2 Maximal framåtriktad bladkraft F_f för öppna propellrar

$$F_f = 250 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{limit} \quad (6.3)$$

$$F_f = 500 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{ice} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{limit}, \quad (6.4)$$

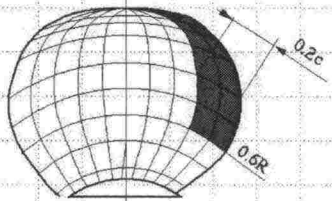
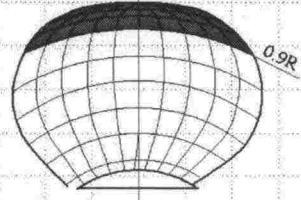
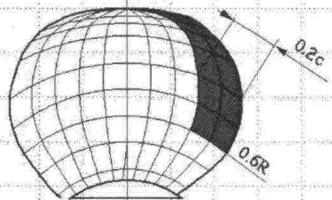
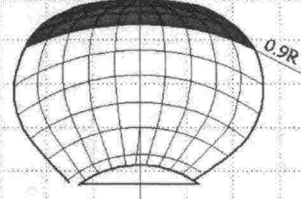
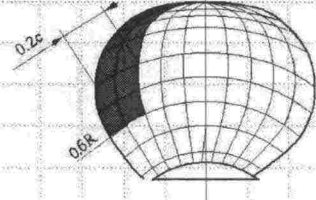
där

$$D_{limit} = \frac{2}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

6.5.1.3 Belastningsområde på bladet för öppna propellrar

Belastningsfall 1–4 ska täckas in för CP- och FP-propellrar enligt tabell 4 nedan. För att isbelastningen på bladen i en reverserande propeller ska erhållas, ska även belastningsfall 5 täckas in för FP-propellrar.

Tabell 6-4. Belastningsfall för öppna propellrar

	Kraft	Belastningsområde	Högervridet propellerblad sett från bladets baksida
Belastningsfall 1	F_b	Konstant tryck som verkar på bladets baksida (sugsida) till ett område från $0.6 R$ till spetsen och från den ledande kanten till 0.2 gånger kordans längd.	
Belastningsfall 2	50 % av F_b	Konstant tryck som verkar på bladets baksida (sugsida) till propellerns spetsområde utanför radien $0.9 R$.	
Belastningsfall 3	F_f	Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från $0.6 R$ till spetsen och från den ledande kanten till 0.2 gånger kordans längd.	
Belastningsfall 4	50 % av F_f	Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till propellerns spetsområde utanför radien $0.9 R$.	
Belastningsfall 5	60 % av det största av värdena F_f eller F_b	Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från $0.6 R$ till spetsen och från bladets bakkant till 0.2 gånger kordans längd.	

6.5.1.4 Maximal bakåtriktad iskraft på bladen F_b för dyspropellrar

$$F_b = 9.5 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{\text{limit}}, \quad (6.5)$$

$$F_b = 66 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D^{0.6} \cdot H_{\text{ice}}^{1.4} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{\text{limit}}, \quad (6.6)$$

där

$$D_{\text{limit}} = 4 \cdot H_{\text{ice}} \text{ [m]}$$

n är den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en CP-propeller och 85 % av den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en FP-propeller.

6.5.1.5 Maximal framåtriktad iskraft på bladen F_f för dyspropellrar

$$F_f = 250 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{\text{limit}}, \quad (6.7)$$

$$F_f = 500 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{\text{ice}} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{\text{limit}}, \quad (6.8)$$

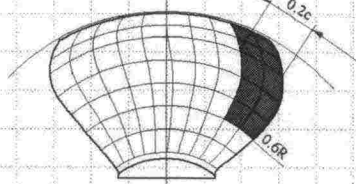
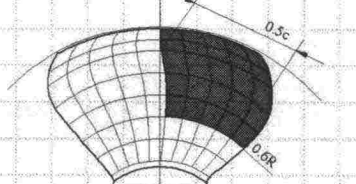
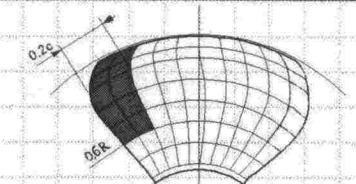
där

$$D_{\text{limit}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{\text{ice}} \text{ [m]}.$$

6.5.1.6 Belastningsområde på bladet för dyspropellrar

Alla propellrar ska uppfylla belastningsfall 1 och 3 i tabell 6-5. FP-propellrar ska dessutom uppfylla belastningsfall 5, som tar hänsyn till isbelastningar när propellern backas.

Tabell 6-5. Belastningsfall för tunnelpropellrar

	Kraft	Belastningsområde	Högervridet propellerblad sett bakifrån
Belastningsfall 1	F_b	Konstant tryck som verkar på bladets baksida (sugsida) till ett område från $0.6 R$ till spetsen och från den ledande kanten till 0.2 gånger kordans längd.	
Belastningsfall 3	F_f	Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från $0.6 R$ till spetsen och från den ledande kanten till 0.5 gånger kordans längd.	
Belastningsfall 5	60 % av det största av värdena F_f eller F_b	Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från $0.6 R$ till spetsen och från bladets bakkant till 0.2 gånger kordans längd.	

6.5.1.7 Maximalt vridmoment på bladspindeln Q_{smax} för öppna propellrar och dyspropellrar

Spindelvridmomentet Q_{smax} runt axeln för bladets infästning ska bestämmas för såväl F_b som F_f enligt tabell 6-4 och 6-5. Om ovanstående metod ger ett värde som är mindre än standardvärdet enligt nedanstående formel, ska standardvärdet användas.

$$\text{Standardvärde } Q_{smax} = 0.25 \cdot F \cdot c_{0.7} \text{ [kNm]}, \quad (6.9)$$

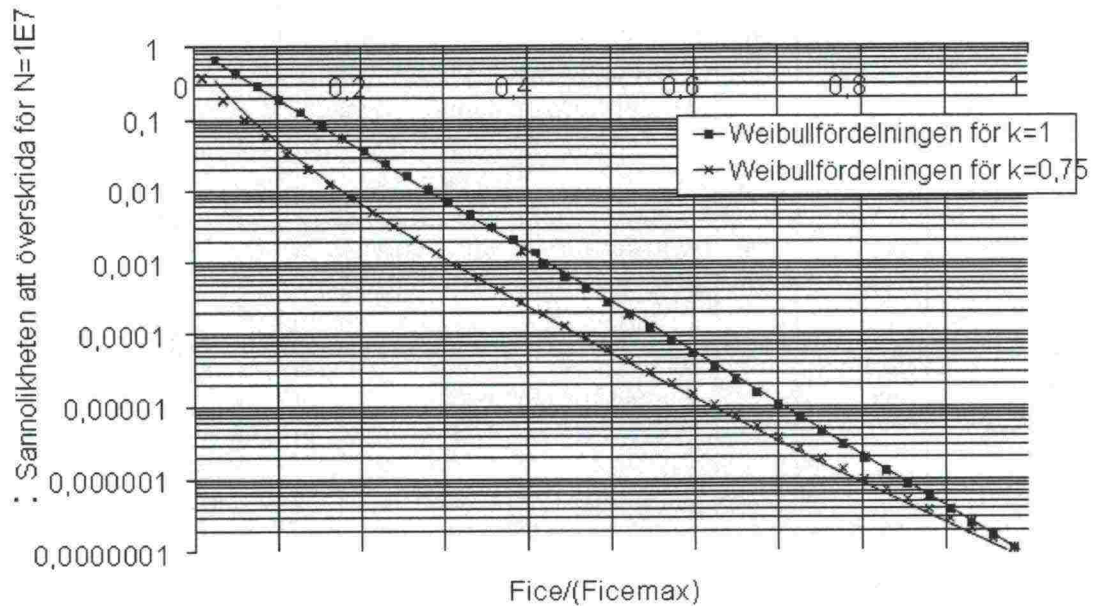
där $c_{0.7}$ är längden på bladsektionen vid radien $0.7 R$ och F är det absoluta värdet av F_b eller F_f , av vilka det största värdet väljs.

6.5.1.8 Belastningsfördelningar för bladlaster

Weibullfördelningen (sannolikheten för att F_{ice} överskrider F_{icemax}) enligt figur 6-2 används för dimensionering av bladet mot utmattning.

$$P\left(\frac{F_{ice}}{(F_{ice})_{max}} \geq \frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right) = e^{\left(-\left(\frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right)^k \cdot \ln(N_{ice})\right)} \quad (6.10)$$

Här är k formparametern för spektrumet, N_{ice} är antalet belastningscykler i spektrumet och F_{ice} är slumpvariabeln för isbelastningar på bladet, $0 \leq F_{ice} \leq (F_{ice})_{max}$. Formparametern $k = 0.75$ ska användas för iskraftens fördelning på en öppen propeller och formparametern $k = 1.0$ för motsvarande på ett propellerblad i dysa.



Figur 6-2. Weibullfördelningen (sannolikheten att F_{ice} överskrider F_{icemax}) som används för utmattningsdimensionering.

6.5.1.9 Antal isbelastningar

Antalet belastningscykler per propellerblad i belastningsspektrumet ska bestämmas enligt formeln:

$$N_{ice} = k_1 k_2 k_3 k_4 N_{class} n \quad (6.11)$$

där

Antal belastningar (referens) för isklasser N_{class}

Klass	IA Super	IA	IB	IC
impulser under livstiden/ n	$9 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$3.4 \cdot 10^6$	$2.1 \cdot 10^6$

Propellerns lokaliseringsfaktor k_1

Mittpropeller		Dubbel propeller
k_1	1	1.35

Propellerns typfaktor k_2

typ	öppen	i dysa
k_2	1	1.1

Framdrivningssystemets typfaktor k_3

typ	fast	vridbar thruster
k_3	1	1.2

Nedsänkningsskalfaktorn k_4 bestäms ur ekvationen

$$\begin{aligned}
 k_4 &= 0.8 - f & \text{för } f < 0 \\
 &= 0.8 - 0.4 \cdot f & \text{för } 0 \leq f \leq 1 \\
 &= 0.6 - 0.2 \cdot f & \text{för } 1 < f \leq 2.5 \\
 &= 0.1 & \text{för } f > 2.5
 \end{aligned} \tag{6.12}$$

där nedsänkningsskalfunktionen f är:

$$f = \frac{h_o - H_{ice}}{D/2} - 1, \tag{6.13}$$

där h_o är djupet på propellerns centrumlinje vid fartygets lägre barlastvattenlinje i is (LIWL).

För komponenter som är utsatta för belastning till följd av växelverkan mellan propeller och is med samtliga propellerblad ska antalet belastningscykler (N_{ice}) multipliceras med antalet propellerblad (Z).

6.5.2 Axiella beräkningslaster för öppna propellrar och dyspropellrar

6.5.2.1 Maximalt istryck på propeller T_f och T_b för öppna propellrar och dyspropellrar

De maximala istrycken framåt och bakåt är:

$$T_f = 1.1 \cdot F_f \text{ [kN]} \tag{6.14}$$

$$T_b = 1.1 \cdot F_b \text{ [kN]} \tag{6.15}$$

6.5.2.2 Dimensionerande istryck längs maskineriets axellinje för öppna propellrar och dyspropellrar

Det dimensionerande trycket längs propellerns axellinje ska beräknas enligt nedanstående formel. Det största värdet av belastningen i framåt- och bakåtriktning ska användas som beräkningslast för båda riktningar. Faktorerna 2.2 och 1.5 beaktar den dynamiska ökningen som beror på axiell vibration.

I riktning framåt

$$T_r = T + 2.2 \cdot T_f \text{ [kN]} \tag{6.16}$$

I riktning bakåt

$$T_r = 1.5 \cdot T_b \text{ [kN]} \tag{6.17}$$

Om den hydrodynamiska bollardkraften T inte är känd, används T från nedanstående uppställning:

Propellertyp	T
CP-propellrar (öppna)	$1.25 T_n$
CP-propellrar (dysa)	$1.1 T_n$
FP-propellrar drivna av turbin eller elektrisk motor	T_n
FP-propellrar drivna av dieselmotor (öppna)	$0.85 T_n$
FP-propellrar drivna av dieselmotor (dysa)	$0.75 T_n$

Här är T_n det nominella propellertrycket vid MCR i öppet vatten.

6.5.3 Beräkningslaster för torsion

6.5.3.1 Dimensionerande isvridmoment på propeller Q_{max} för öppna propellrar

Q_{max} är det maximala vridmomentet på en propeller till följd av växelverkan mellan is och propeller.

$$Q_{max} = 10.9 \cdot \left[1 - \frac{d}{D}\right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D}\right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^3 \text{ [kNm] när } D \leq D_{limit}, \tag{6.18}$$

$$Q_{max} = 20.7 \cdot \left[1 - \frac{d}{D}\right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D}\right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^{1.9} \cdot H_{ice}^{1.1} \text{ [kNm] när } D > D_{limit}, \tag{6.19}$$

där

$$D_{limit} = 1.8 \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

n är propellerns rotationshastighet i bollard kondition. Om n inte är känt ska det bestämmas enligt nedanstående uppställning:

Propellertyp	rotationshastighet n
CP-propellrar	n_n
FP-propellrar drivna av turbin eller elektrisk motor	n_n
FP-propellrar drivna av dieselmotor	$0.85 n_n$

Här är n_n den nominella rotationshastigheten vid MCR i öppet vatten.

För CP-propellrar ska propellerstigningen $P_{0.7}$ motsvara MCR i bollard pull. Om den inte är känd, ska $P_{0.7}$ beräknas som $0.7 \cdot P_{0.7n}$, där $P_{0.7n}$ är propellerstigningen vid MCR i öppet vatten.

6.5.3.2 Dimensionerande isvridmoment på propeller Q_{max} för dyspropellrar

Q_{max} är det maximala vridmomentet på en propeller till följd av växelverkan mellan is och propeller.

$$Q_{max} = 7.7 \cdot \left[1 - \frac{d}{D}\right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D}\right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^3 \text{ [kNm] när } D \leq D_{limit}, \tag{6.20}$$

$$Q_{max} = 14.6 \cdot \left[1 - \frac{d}{D}\right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D}\right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^{1.9} \cdot H_{ice}^{1.1} \text{ [kNm]} \text{ när } D > D_{limit}, \quad (6.21)$$

där

$$D_{limit} = 1.8 \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

n är propellerns rotationshastighet i bollard pull. Om n inte är känt ska det bestämmas enligt nedanstående uppställning:

Propellertyp	rotationshastighet n
CP-propellrar	n_n
FP-propellrar drivna av turbin eller elektrisk motor	n_n
FP-propellrar drivna av dieselmotor	$0.85 n_n$

Här är n_n den nominella rotationshastigheten vid MCR i öppet vatten.

För CP-propellrar ska propellerstigningen $P_{0.7}$ motsvara MCR i bollard pull. Om den inte är känd, ska $P_{0.7}$ beräknas som $0.7 \cdot P_{0.7n}$, där $P_{0.7n}$ är propellerstigningen vid MCR i öppet vatten.

6.5.3.3 Uppbyggnad av isvridmoment för öppna propellrar och dyspropellrar

Uppbyggnaden av isvridmoment på propellern för analys av transienta torsionsvibrationer i axellinjen ska beskrivas som en serie av bladimpulser med formen av en halv sinuskurva, se figur 6-3.

Det resulterande vridmomentet från ett enstaka blads impuls som funktion av propellerns rotationsvinkel är då

$$\begin{aligned} Q(\varphi) &= C_q \cdot Q_{max} \cdot \sin(\varphi(180/\alpha_i)), \text{ när } \varphi = 0 \dots \alpha_i \\ Q(\varphi) &= 0, \text{ när } \varphi = \alpha_i \dots 360 \end{aligned} \quad (6.22)$$

där parametrarna C_q och α_i ges av nedanstående tabell. α_i är varaktigheten av växelverkan mellan propellerblad och is uttryckt som propellerns rotationsvinkel.

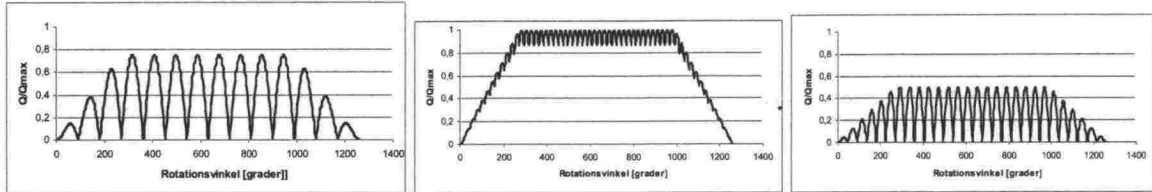
Vridmomentsalstring	Växelverkan mellan propellerblad och is	C_q	α_i
Fall 1	Ett isblock	0.75	90
Fall 2	Ett isblock	1.0	135
Fall 3	Två isblock (fasskift 360/2/Z)	0.5	45

Det totala isvridmomentet erhålls genom summering av vridmomenten för enskilda blad beaktande av fasskiftet $360^\circ/Z$. Dessutom ska en linjär rampfunktion för 270° rotationsvinkel användas i början och slutet av malningssekvensen.

Antalet propellervarv under en malningssekvens fås genom formeln:

$$N_Q = 2 \cdot H_{ice} \quad (6.23)$$

Antalet impulser är $Z \cdot N_Q$ för bladens excitationsordning.



Figur 6-3. Formen på uppbyggnaden av propellerns isvridmoment för 90° och 135° enkelblads impulssekvenser och 45° dubbelblads impulssekvenser. (Figurerna visar propellrar med fyra blad.)

6.5.3.4 Dimensionerande vridmoment längs propelleraxelns linje

Om det inte finns någon relevant första ordningens torsionsresonans för bladen inom det rotationshastighetsområde som konstruktionen avser, utökat med rotationshastighet 20 % över den maximala och 20 % under den minimala driftshastigheten, kan följande uppskattning av det maximala vridmomentet användas.

$$Q_r = Q_{e\max} + Q_{\max} \cdot \frac{I}{I_t} \quad [\text{kNm}] \quad (6.24)$$

där I är ekvivalent masströghetsmoment för alla delar på maskinsidan av den komponent som avses, och I_t är ekvivalent masströghetsmoment för hela framdrivningssystemet.

Samtliga vridmoment och tröghetsmoment ska reduceras till rotationshastigheten hos den komponent som studeras.

Om det maximala vridmomentet $Q_{e\max}$ inte är känt, ska det hämtas ur nedanstående uppställning:

Propellertyp	$Q_{e\max}$
Propellrar drivna av elektrisk motor	Q_{motor}
CP-propellrar ej drivna av elektrisk motor	Q_n
FP-propellrar drivna av turbin	Q_n
FP-propellrar drivna av dieselmotor	$0.75 Q_n$

Här är Q_{motor} den elektriska motorns toppvridmoment.

Om det finns en relevant första ordningens torsionsresonans för bladen inom det rotationshastighetsområde som konstruktionen avser, utökat med 20 % över den maximala och 20 % under den minimala driftshastigheten, ska det dimensionerande vridmomentet (Q_r) för axelkomponenter bestämmas med hjälp av torsionsanalys längs drivlinan.

6.5.4 Belastning vid bladhaveri

Brottsbelastningen vid ett bladhaveri som beror på plastisk böjning kring bladets rot ska beräknas med nedanstående formel. Brottlasten verkar på bladet vid radien $0,8 R$ i bladets svagaste riktning. För beräkning av spindelns högsta vridmoment ska spindelarmen tas som $2/3$ av det största av avstånden mellan bladrotationens axel och bladets framkant respektive bakkant vid radien $0,8 R$.

$$F_{ex} = \frac{300 \cdot c \cdot t^2 \cdot \sigma_{ref}}{0,8 \cdot D - 2 \cdot r} \text{ [kN]}, \quad (6.25)$$

där

$$\sigma_{ref} = 0,6 \cdot \sigma_{0.2} + 0,4 \cdot \sigma_u$$

c , t , och r är längden, tjockleken respektive radien av bladets cylinderformade rotsektion vid den svagaste sektionen utanför rotkälen.

6.6 Konstruktion

6.6.1 Konstruktionsprincip

Hållfastheten på drivlinan ska dimensioneras enligt pyramidprincipen. Det innebär att förlust av ett propellerblad inte ska medföra någon betydande skada på andra komponenter i propellerns axellina.

6.6.2 Propellerblad

6.6.2.1 Beräkning av bladpåkänningar

Påkänningarna på bladen ska beräknas för de dimensionerande beräkningslasterna i avsnitt 6.5.1. Finita elementanalys ska användas för analys av spänningarna inför slutligt godkännande av alla propellrar. Följande förenklade formel kan användas för bestämning av bladspänningarna för alla propellrar i rotområdet ($r/R < 0,5$). Rotområdets dimensioner baserade på formel (6.26) kan godkännas även om FEM-analysen skulle visa större spänningar i rotområdet.

$$\sigma_{st} = C_1 \frac{M_{BL}}{100 \cdot c t^2} \text{ [MPa]}, \quad (6.26)$$

där

konstanten C_1 är $\frac{\text{faktisk spänning}}{\text{spänning genom balkekvationen}}$. Om det faktiska värdet inte finns tillgängligt ska C_1 sättas till 1.6.

$$M_{BL} = (0,75 - r/R) \cdot R \cdot F \text{ för relativa radien } r/R < 0,5,$$

där F är maximum av den största av F_b och F_f .

6.6.2.2 Acceptanskriterium

Följande kriterium för de beräknade bladspänningarna måste vara uppfyllt:

$$\frac{\sigma_{ref2}}{\sigma_{st}} \geq 1.5, \quad (6.27)$$

där

σ_{st} är den kalkylerade spänningen för beräkningslasterna. Om finita elementanalysen används för bestämning av spänningarna ska von Mises spänningar användas.

σ_{ref2} är referensspänningen definierad som det minsta värdet av:

$$\sigma_{ref2} = 0,7 \cdot \sigma_u \text{ eller}$$

$$\sigma_{ref2} = 0,6 \cdot \sigma_{0,2} + 0,4 \cdot \sigma_u$$

6.6.2.3 Utmattningsdimensionering av propellerblad

Dimensioneringen för utmattning av propellerbladet baseras på en antagen belastningsfördelning under fartygets livstid och SN-kurvan för bladmaterialet. En ekvivalent spänning som orsakar samma utmattningsskador som den förväntade belastningsfördelningen ska beräknas, och acceptanskriteriet för utmattning enligt avsnitt 6.6.2.4 ska vara uppfyllt. Den ekvivalenta spänningen är normaliserad för 100 miljoner cykler.

Om följande kriterium är uppfyllt, krävs inte utmattningsberäkningar enligt detta kapitel.

$$\sigma_{exp} \geq B_1 \cdot \sigma_{ref2}^{B_2} \cdot \log(N_{ice})^{B_3}, \quad (6.28)$$

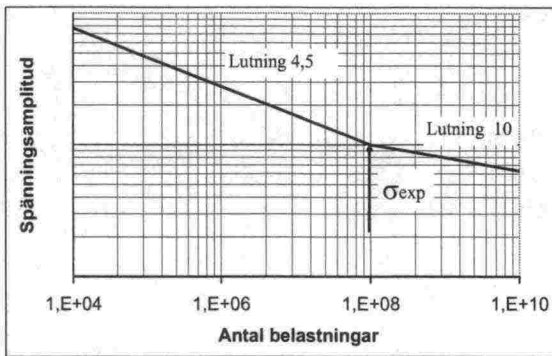
där koefficienterna B_1 , B_2 och B_3 för öppna propellrar och dyspropellrar är angivna i tabellen nedan.

	Öppen propeller	Dyspropeller
B_1	0.00270	0.00184
B_2	1.007	1.007
B_3	2.101	2.470

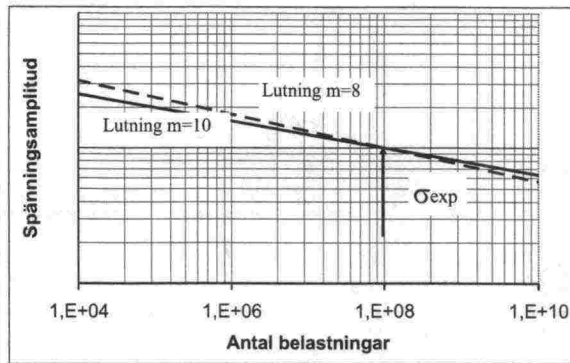
För beräkning av ekvivalent spänning finns det två typer av SN-kurvor.

1. SN-kurva med dubbla lutningar (lutning 4,5 och 10), se figur 6-4.
2. SN-kurva med konstant lutning (lutning kan väljas), se figur 6-5.

Typen av SN-kurva ska väljas så att den motsvarar bladets materialegenskaper. Om SN-kurvan inte är känd ska SN-kurvan med dubbla lutningar användas.



Figur 6-4. SN-kurva med dubbla lutningar.



Figur 6-5. SN-kurva med konstant lutning.

Ekvivalent utmattningsspänning

Den ekvivalenta utmattningsspänning för 100 miljoner spänningssyklar som ger upphov till samma utmattningsskada som belastningsfördelningen är:

$$\sigma_{fat} = \rho \cdot (\sigma_{ice})_{max}, \quad (6.29)$$

där

$$(\sigma_{ice})_{max} = 0,5 \cdot ((\sigma_{ice})_{fmax} - (\sigma_{ice})_{bmax})$$

$(\sigma_{ice})_{max}$ är medelvärde av huvudspänningsamplituderna orsakade av de dimensionerande fram- och bakåtriktade bladkrafterna i det område som studeras.

$(\sigma_{ice})_{fmax}$ är huvudspänningen från den framåtriktade belastningen.

$(\sigma_{ice})_{bmax}$ är huvudspänningen från den bakåtriktade belastningen.

Vid beräkning av $(\sigma_{ice})_{max}$ betraktas fall 1 och fall 3 (eller fall 2 och fall 4) som ett par för beräkningarna av $(\sigma_{ice})_{fmax}$ och $(\sigma_{ice})_{bmax}$. Fall 5 ingår inte i utmattningsanalysen.

Beräkning av ρ -parametern för SN-kurva med dubbla lutningar

Parametern ρ relaterar den maximala isbelastningen till fördelningen av islaster enligt regressionsformeln.

$$\rho = C_1 \cdot (\sigma_{ice})_{max}^{C_2} \cdot \sigma_{fl}^{C_3} \cdot \log(N_{ice})^{C_4}, \quad (6.30)$$

där

$$\sigma_{fl} = \gamma_\varepsilon \cdot \gamma_v \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{exp}$$

där

γ_ε är reduktionsfaktorn för inverkan av spridning och provföremålets storlek

γ_v är reduktionsfaktorn för inverkan av variabel amplitudbelastning

γ_m är reduktionsfaktorn för medelspänning

σ_{exp} är den genomsnittliga utmattningshållfastheten hos bladmaterialiet vid 10^8 utmattningssyklar i havsvatten. Följande värden ska användas för reduktionsfaktorerna om faktiska värden inte finns tillgängliga: $\gamma_\varepsilon = 0.67$, $\gamma_v = 0.75$ och $\gamma_m = 0.75$.

Koefficienterna C_1 , C_2 , C_3 och C_4 finns i tabell 6-6.

Tabell 6-6.

	Öppen propeller	Dyspropeller
C_1	0.000711	0.000509
C_2	0.0645	0.0533
C_3	-0.0565	-0.0459
C_4	2.22	2.584

Beräkning av ρ -parametern för SN-kurva med konstant lutning

För material som har en SN-kurva med konstant lutning – se figur 5 – ska ρ -parametern beräknas enligt följande formel:

$$\rho = \left(G \frac{N_{ice}}{N_R} \right)^{1/m} (\ln(N_{ice}))^{-1/k}, \tag{6.31}$$

där

k är formparametern för weibullfördelningen; $k = 1.0$ för dyspropellrar och $k = 0.75$ för öppna propellrar. N_R är referensantalet belastningscykler (= 100 miljoner).

Värden för G -parametern finns i tabell 6-7. Linjär interpolation kan användas för beräkning av G -värden för andra förhållanden $\frac{m}{k}$ än de som finns i tabell 6-7.

Tabell 6-7. Värden för parametern G för olika förhållanden m/k

$\frac{m}{k}$	G	$\frac{m}{k}$	G	$\frac{m}{k}$	G
3	6	5.5	287.9	8	40320
3.5	11.6	6	720	8.5	119292
4	24	6.5	1871	9	362880
4.5	52.3	7	5040	9.5	1.133E6
5	120	7.5	14034	10	3.623E6

6.6.2.4 Acceptanskriterium för utmattning

Den ekvivalenta utmattningsspänningen överallt på bladet måste uppfylla följande acceptanskriterium:

$$\frac{\sigma_{fl}}{\sigma_{fat}} \geq 1.5, \tag{6.32}$$

där

$$\sigma_{fl} = \gamma_{\varepsilon} \cdot \gamma_v \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{exp},$$

där

γ_{ε} är reduktionsfaktorn för inverkan av spridning och provföremålets storlek

γ_v är reduktionsfaktorn för inverkan av variabel amplitudbelastning

γ_m är reduktionsfaktorn för medelspänning

σ_{exp} är den genomsnittliga utmattningshållfastheten hos bladmaterialet vid 10^8 utmattningscykler i havsvatten. Följande värden ska användas för reduktionsfaktorerna om faktiska värden inte finns tillgängliga: $\gamma_{\varepsilon} = 0.67$, $\gamma_v = 0.75$ och $\gamma_m = 0.75$.

6.6.3 Propellernav och CP-mekanism

Bladbultarna, CP-mekanismen, propellernavet och infästningen av propellern vid propelleraxeln ska konstrueras för att motstå de maximala beräkningslasterna och utmattningspåkänningarna enligt definition i avsnitt 6.5. Säkerhetsfaktorn för töjning ska vara större än 1.3 och mot utmattningslast större än 1.5. Dessutom ska säkerhetsfaktorn för belastningar till följd av förlust av propellerblad genom plastisk böjning enligt definition i avsnitt 6.5.4 vara större än 1.0 mot sträckning.

6.6.4 Framdrivningssystemets axellinje

Axlar och axelkomponenter såsom trycklager, stödlager, kopplingar, flänsar och tätningar ska konstrueras för att motstå växelverkanskrafterna mellan propeller och is enligt avsnitt 6.5. Säkerhetsfaktorn ska vara minst 1.3.

6.6.4.1 Axlar och axelkomponenter

Brottlasten vid ett totalt bladhaveri enligt definition i avsnitt 6.5.4 ska inte orsaka bestående töjning i axlar och axelkomponenter. Belastningen ska utgöras av de sammanlagda axiella lasterna, böjlasterna och torsionslasterna när dessa är signifikanta. Den minsta säkerhetsfaktorn mot töjning ska vara 1.0 för böj- och torsionsspänningar.

6.6.5 Vridbara huvudthrustrar

Utöver ovanstående krav ska särskild uppmärksamhet ägnas åt sådana belastningsfall som är extraordinära för vridbara huvudthrustrar i jämförelse med konventionella propellrar. Beräkningen av belastningsfall måste återspegla funktionen hos fartyget och thrustrarna. Därför måste sådana belastningar beaktas som orsakas av exempelvis stötar från isblock mot navet på en dragande propeller. Dessutom måste påkänningar från thrustrar som arbetar i en sned vinkel mot flödet tas i beaktande. Styrmekanismen, infästningen av enheten och thrusterhuset ska konstrueras för att motstå förlust av ett blad utan skada. Förlust av ett blad ska beaktas för den orientering på propellerbladet som orsakar den högsta belastningen på komponenten i fråga. Exempelvis ger vertikal bladorientering de maximala böjlasterna på thrusterhuset.

Vridbara thrustrar ska också konstrueras för beräknade belastningar som uppkommer från växelverkan mellan thrusterhus och is. Thrusterhuset måste klara de belastningar som uppstår när det maximala isblocket enligt avsnitt 6.3 träffar thrusterhuset då fartyget håller en typisk hastighet vid gång i is. Därutöver ska situationen då ett isflak glider längs fartygsskrovet och pressas mot thrusterhuset beaktas. Flaktjockleken ska tas som tjockleken på det maximala isblock som kommer in i propellern enligt definition i avsnitt 6.3.

6.6.6 Vibrationer

Framdrivningssystemet ska konstrueras så att hela det dynamiska systemet är fritt från skadliga torsions-, böj- och axiella resonanser vid en första ordningens bladfrekvens inom det avsedda rotationshastighetsområdet, utökat med 20 % över och under högsta respektive lägsta rotationshastighet under drift. Om detta villkor inte kan uppfyllas, måste en detaljerad torsions- och vibrationsanalys genomföras som påvisar att acceptabel hållfasthet hos komponenterna kan uppnås.

6.7 Alternativa konstruktionsmetoder

6.7.1 Omfattning

Som alternativ till avsnitt 6.5 och 6.6 kan en genomgripande konstruktionsutredning genomföras för godkännande av Sjöfartsverket eller klassificeringssällskapet. Utredningen måste grunda sig på de isförhållanden som gäller för de olika isklasserna enligt avsnitt 6.3. Den måste omfatta såväl utmattningsberäkningar som bestämning av maximal beräkningslast och ska uppfylla pyramidprincipen enligt avsnitt 6.6.1.

6.7.2 Belastning

Belastningar på propellerblad och framdrivningssystem ska baseras på en godtagbar beräkning av hydrodynamiska laster och isbelastningar.

6.7.3 Dimensioneringsnivåer

Konstruktionsutredningen ska visa att alla komponenter som överför slumpvisa (tillfälliga) krafter, undantaget propellerblad, inte utsätts för spänningsnivåer som överskrider sträckspänningen hos komponentens material med en rimlig säkerhetsmarginal.

Beräkning av kumulativa utmattningsskador ska påvisa en rimlig säkerhetsfaktor. Vederbörlig hänsyn ska tas till materialegenskaper, spänningsförhöjande faktorer och ökade utmattningspåkänningar.

En vibrationsanalys ska utföras och den ska visa att hela det dynamiska systemet är fritt från skadliga torsionsresonanser till följd av växelverkan mellan propeller och is.

7 DIVERSE MASKINERIKRAV

7.1 Startarrangemang

Luftbehållarnas kapacitet ska vara tillräcklig för att utan påfyllning leverera luft till inte mindre än 12 på varandra följande starter av framdrivningsmaskineriet, om detta måste reverseras för back, eller 6 på varandra följande starter om framdrivningsmaskineriet inte behöver reverseras för back.

Om luftbehållarna tjänar några andra ändamål än start av framdrivningsmaskineriet, ska de ha tillräcklig tilläggskapacitet för dessa ändamål.

Luftkompressorernas kapacitet ska vara tillräcklig för att ladda luftbehållarna från atmosfäriskt till fullt tryck inom en (1) timme. Om framdrivningsmaskineriet för ett fartyg med isklass IA Super måste reverseras för back, ska kompressorerna kunna ladda behållarna inom en halv timme.

7.2 Sjövattenintag och kylvattensystem

Kylvattensystemet ska vara konstruerat så att tillgång på kylvatten är säkrad då fartyget går i is.

För detta ändamål ska åtminstone en bottenbrunn för intag av kylvatten vara arrangerad på följande sätt:

1. Kylvattenintag ska vara placerat nära fartygets centerlinje och om möjligt långt akterut.
2. Som riktvärde för konstruktionen ska bottenbrunnens volym vara omkring en kubikmeter för varje 750 kW maskineffekt för fartyget, inberäknat effekten av de hjälpmaskiner som är nödvändiga för fartygets drift.
3. Brunnen ska vara tillräckligt hög för att tillåta isen att samla sig ovanför inloppsröret.
4. Ett avloppsrör för kylvatten, vilket tillåter avlopp av hela kylvattenkapaciteten, ska anslutas till brunnen.
5. Bottensilens hålarea ska inte vara mindre än 4 gånger tvärsnittsarean av inloppsröret.

Om det är svårt att möta kraven i punkterna 2 och 3 ovan, kan två mindre brunnar arrangeras för alternerande intag och utsläpp av kylvatten. Arrangemanget i övrigt ska vara som ovan.

Värmeslingor kan installeras i brunnens eller brunnarnas övre del.

Arrangemang för användning av ballastvatten för kylning kan vara till nytta som reserv i ballastkondition men kan inte accepteras som ersättning för de sjövattnesbrunnar som beskrivits ovan.

Bilaga I

Spannet för effektkraven (punkt 3.2.2 i föreskrifterna) för isklasserna IA Super, IA, IB och IC och verifiering av effektberäkningen

1. Spann

Tabell I-1 visar spannet för de olika parametrarna, vilka ingår som parametrar i formlerna. Vid beräkning av parametern D_P/T ska T fastställas för det största djupgåendet midskepps.

Tabell I-1. Spannet för de olika parametrarna

Parameter	Minimum	Maximum
α [°]	15	55
φ_1 [°]	25	90
φ_2 [°]	10	90
L [m]	65.0	250.0
B [m]	11.0	40.0
T [m]	4.0	15.0
L_{BOW}/L	0.15	0.40
L_{PAR}/L	0.25	0.75
D_P/T	0.45	0.75
$A_{wf}/(L \cdot B)$	0.09	0.27

Bilaga II

Maskineffekten för ett fartyg med isklass IB eller IC vilket har kölsträckts eller befunnit sig i ett liknande byggnadsstadium före 1 september 2003

Maskineffekten ska inte vara mindre än den som fås ur nedanstående formel och i ingen händelse mindre än 740 kW för isklasserna IB och IC.

$$P = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (f_4 \Delta + P_0) \text{ [kW]},$$

där

$$\begin{aligned} f_1 &= 1.0 \text{ för en propeller med fasta blad} \\ &= 0.9 \text{ för en propeller med vridbara blad} \end{aligned}$$

$$f_2 = \varphi_1 / 200 + 0,675 \text{ men inte större än } 1.1,$$

där

φ_1 är stävvinkeln i centerlinjen [grader] (se figur 3-1)

Produkten $f_1 f_2$ ska inte tagas mindre än 0.85.

$$f_2 = 1.1 \text{ för en bulbstäv}$$

$$f_3 = 1.2B / \Delta^{1/3} \text{ men inte mindre än } 1.0$$

f_4 och P_0 ska tagas som följer:

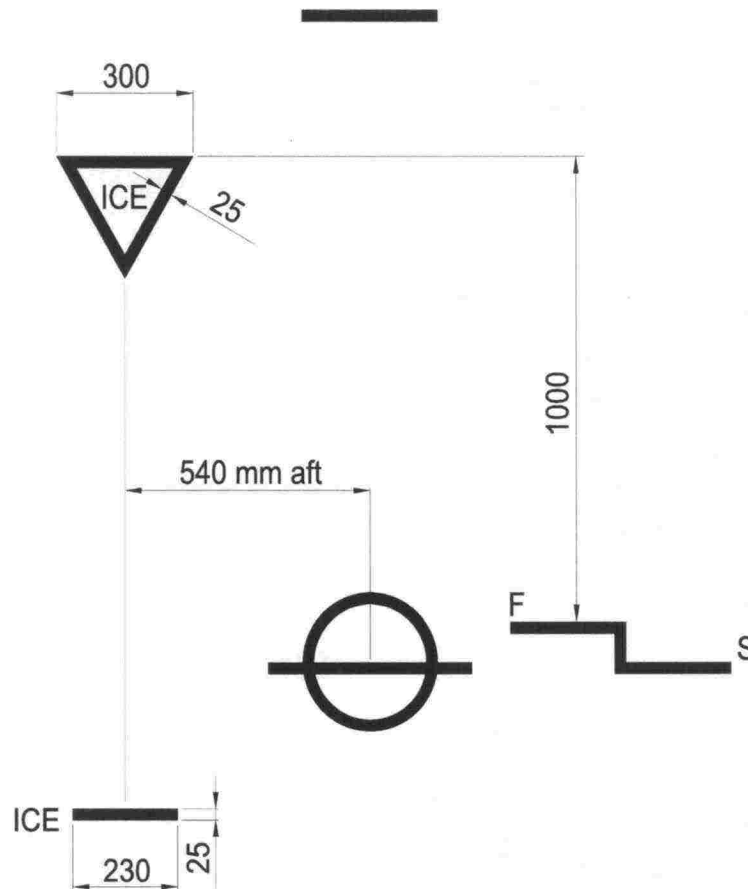
Isklass	IB	IC	IB	IC
Displacement	$\Delta < 30\,000$		$\Delta \geq 30\,000$	
f_4	0.22	0.18	0.13	0.11
P_0	370	0	3070	2100

Δ är fartygets displacement [t] på det största isklassdjupgåendet enligt of 2.1. Displacementet behöver inte tagas större än 80 000 t.

Bilaga III

Markering av isklassdjupgående

Enligt punkt 2.2 ska det på vardera fartygssidan finnas en varningstriangel och ett märke för djupgåendet vid det största tillåtna isklassdjupgåendet midskepps (se figur III-1). Syftet med varningstriangeln är att informera isbrytarbefälet och inspektörerna i hamnarna om restriktionen för fartygets djupgående då det går i is.



Figur III-1. Markering av isklassdjupgående

Anmärkningar till figur 1

1. Övre kanten av varningstriangeln ska vara placerad vertikalt ovanför ICE-märket, 1000 mm över sommarlastlinjen i färskvatten men i ingen händelse över däckslinjen. Triangelns sidor ska ha en längd av 300 mm.
2. Märket för isklassdjupgåendet ska vara placerat 540 mm akter om lastmärkets mittpunkt eller 540 mm akter om trälastmärkets vertikala markering, om detta är tillämpligt.
3. Märkena och figurerna ska utföras i 5-8 mm plåt och svetsas på fartygssidan. Märkena och figurerna ska målas röda eller gula i reflekterande färg för att göra dem väl synliga även under isförhållanden.
4. Alla figurer ska ha samma dimensioner som lastmärket.